



(51) 国際特許分類
G11B 21/10, 21/21

A1

(11) 国際公開番号

WO98/19304

(43) 国際公開日

1998年5月7日(07.05.98)

(21) 国際出願番号

PCT/JP97/03486

(81) 指定国 CN, JP, KR, SG, US.

(22) 国際出願日

1997年9月30日(30.09.97)

添付公開書類

国際調査報告書

(30) 優先権データ

特願平8/305621

1996年10月31日(31.10.96)

JP

特願平9/143183

1997年5月16日(16.05.97)

JP

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

ティーディーケー株式会社(TDK CORPORATION)[JP/JP]

〒103 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 Tokyo, (JP)

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)

添野佳一(SOENO, Yoshikazu)[JP/JP]

市川慎司(ICHIKAWA, Shinji)[JP/JP]

綱 隆満(TSUNA, Takamitsu)[JP/JP]

佐藤勇武(SATO, Isamu)[JP/JP]

〒103 東京都中央区日本橋一丁目13番1号

ティーディーケー株式会社内 Tokyo, (JP)

(74) 代理人

弁理士 石井陽一, 外(ISHII, Yoichi et al.)

〒113 東京都文京区湯島3丁目23番1号

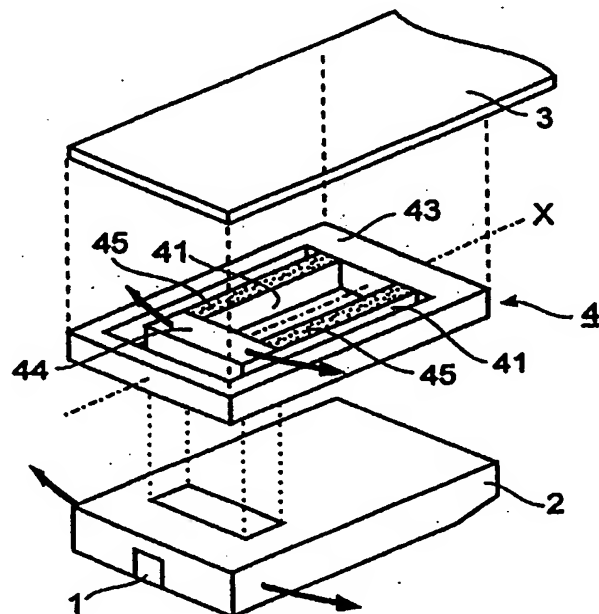
天神弥栄興産ビル3F Tokyo, (JP)

(54) Title: RECORDING/REPRODUCING HEAD, RECORDING/REPRODUCING HEAD POSITIONING MECHANISM AND RECORDER/REPRODUCER

(54) 発明の名称 記録/再生ヘッド、記録/再生ヘッド位置決め機構および記録/再生装置

(57) Abstract

A recording/reproducing head has a slider (2) in which an electromagnetic transducer (or an optical module) (1) is provided, an actuator (4) and a suspension (3). The actuator has a fixed part (43) and a movable part (44) and at least (2) beam parts with which the movable part (44) is connected to the fixed part (43). The beam parts have displacement producing parts (41) which are expanded/contracted by an inverse piezoelectric effect or an electrostriction effect. The fixed part (43) is connected to the suspension (3) and the movable part (44) is fixed to the slider (2). If the displacement producing parts (41) are expanded/contracted, the displacement producing parts (41) are deflected and the linear displacement, arc-form displacement or rotary displacement of the movable part (44) is produced relatively to the fixed part (43) and, further, the electromagnetic transducer (1) is displaced to describe a linear or arc-form path which crosses recording tracks. The actuator (4) consists of a plate-shape unit which is made of piezoelectric or electrostrictive material and has a hole part and/or a cut part to form the fixed part (43), the movable part (44) and the beam parts integrally. If the summation of driving voltages applied to the respective displacement producing parts is so controlled as to be constant at any time when the positioning in a direction crossing the recording tracks is carried out by using the actuator having the construction shown in the figure, the position fluctuation of the electromagnetic transducer in a direction perpendicular to the surface of a recording medium can be suppressed.



(57) 要約

本発明の記録／再生ヘッドは、電磁変換素子（または光学モジュール）1が設けられたスライダ2とアクチュエータ4とサスペンション3とを有する。アクチュエータ4は、固定部43と可動部44とこれらを連結する少なくとも2つの梁部とを有する。梁部には、逆圧電効果または電歪効果により伸縮する変位発生部41が形成されており、固定部43はサスペンション3に、可動部44はスライダ2にそれぞれ固定されている。変位発生部41を伸縮させると、変位発生部41が撓むと共に可動部44が固定部43に対し直線変位、弧状変位または回転変位すると共に、電磁変換素子1が記録トラックと交差するように直線状または弧状の軌跡を描いて変位する。アクチュエータ4は、圧電・電歪材料から構成される板状体に孔部および／または切り欠きを設けることにより、固定部43と可動部44と梁部とを一体的に形成したものである。図示する構造のアクチュエータを用いて記録トラックと交差する方向の位置決めを行う際に、各変位発生部に印加する駆動電圧の総和を、どの時刻においても一定となるように制御すれば、記録媒体表面に垂直な方向における電磁変換素子の位置変動を抑制できる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード（参考情報）

AL	アルバニア	FR	フランス	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	GB	イギリス	LV	ラトヴィア	SD	スーダン
AT	オーストリア	DE	ドイツ	MC	モナコ	TG	トーゴ
AZ	アゼルバイジャン	EE	エストニア	MD	モルドバ	JM	ジャマイカ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GG	ギリシャ	MG	マダガスカル	TT	トリニダード・トバゴ
BB	バハマ	GM	ギニア	MK	マケドニア共和国	TT	トリニダード・トバゴ
BF	ブルキナファソ	GN	ギニア	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BG	ブルガリア	GW	ギニアビサウ	MR	モーリタニア	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	GU	グアドループ	MW	モザンビーク	TT	トリニダード・トバゴ
BY	ベラルーシ	HE	ヘルクネス	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	IL	イスラエル	NE	ニジェール	TT	トリニダード・トバゴ
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	NL	オランダ	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ共和国	IT	イタリア	NZ	ニュージーランド	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	JP	日本	PT	ポルトガル	TT	トリニダード・トバゴ
CI	コートジボワール	KE	ケニア	RO	ルーマニア	TT	トリニダード・トバゴ
CM	カメルーン	KR	韓国	RS	セルビア	TT	トリニダード・トバゴ
CN	中国	KG	キルギス	RU	ロシア	TT	トリニダード・トバゴ
CO	コロンビア	LA	ラオス	SS	南スーダン	TT	トリニダード・トバゴ
CR	コスタリカ	LV	リベリア	SS	南スーダン	TT	トリニダード・トバゴ
CU	キューバ	LS	レソト	SS	南スーダン	TT	トリニダード・トバゴ
DE	ドイツ			SS	南スーダン	TT	トリニダード・トバゴ
DK	デンマーク			SS	南スーダン	TT	トリニダード・トバゴ
EE	エストニア			SS	南スーダン	TT	トリニダード・トバゴ

明 細 書

記録／再生ヘッド、記録／再生ヘッド位置決め機構および記録／再生装置

技術分野

本発明は、記録／再生ヘッドと、記録／再生ヘッド位置決め機構と、磁気ディスク装置や光ディスク装置等の記録／再生装置とに関する。

背景技術

図32に、従来の磁気ディスク装置（HDD）に用いられている浮上型の磁気ヘッドおよびその位置決め機構の平面図を示す。

同図において磁気ヘッドは、電磁変換素子1が形成されたスライダ2と、このスライダ2を支持するサスペンション3とから構成される。なお、電磁変換素子1と磁気ディスク装置の信号処理回路とを電氣的に接続して記録再生信号の伝送を行う配線は、図示を省略してある。

磁気ヘッドの位置決めのためのアクチュエータには、VCM（ボイスコイルモータ）5が用いられている。VCM5は、コイル51、永久磁石52、ベアリング53およびアーム54から構成され、アーム54には、一端にコイル51が、他端に磁気ヘッドのサスペンション3がそれぞれ取り付けられている。なお、コイル51の上側にも、永久磁石（図示せず）が設けられている。

電磁変換素子1は、電気信号と磁気信号とを相互に変換するための磁極およびコイルや、これらに加え、磁気信号を電流変化に変換するための磁気抵抗効果素子などを有するものであり、これらは薄膜形成技術や組立加工技術等により形成されている。スライダ2は、 Al_2O_3-TiC や $CaTiO_3$ などの非磁性セラミックスやフェライトなどの磁性体から構成され、その形状は概ね直方体状であり、ディスク媒体6に対向する面（エアベアリング面）が、ディスク媒体6と微小な距離を隔てて浮上するための圧力を発生するのに適した形状に加工されたものである。サスペンション3は、弾性を有するステンレス板などに曲げや抜きな

どの加工を施すことにより形成されたものである。

次に、記録および再生の際の作用を説明する。ディスク媒体 6 は毎分数千回転程度で高速回転しているため、これとスライダ 2 との間には空気が流入し、スライダ 2 には浮上する力が加わる。一方、スライダ 2 はサスペンション 3 によって所定の加重でディスク媒体 6 側に押圧されているため、浮上力と押圧力との関係に基づき、スライダ 2 は微小な距離を隔ててディスク媒体 6 上に浮上する。

磁気ヘッドは VCM 5 と連結されているため、ベアリング 5 3 を中心とする揺動動作により、ディスク媒体 6 の半径方向に移動が可能となっており、電磁変換素子 1 の位置決め制御、すなわち、任意の記録再生トラック上に移動するシーク制御および記録再生トラック追従制御が行われる。

電磁変換素子 1 の位置決め制御は、ディスク媒体 6 に記録されたトラック位置信号を電磁変換素子 1 が検出し、ヘッド位置決め制御回路 7 で演算処理された駆動信号が増幅器 8 を経て VCM 5 のコイル 5 1 に所定の電流を流し、永久磁石 5 2 との間に発生する力を制御することにより行われる。目的トラックに位置決めされた電磁変換素子 1 は、ディスク媒体 6 に対し磁気信号の記録再生を行う。

以上のように、従来、磁気ヘッドの位置決め手段としては、VCM を用いることが一般的であった。

磁気ディスク装置では、ディスク媒体の回転に伴う同期あるいは非同期のディスク媒体面振動、ディスク媒体の偏心、磁気ヘッドやディスク媒体を含む磁気ディスク装置の熱膨張や外乱振動などにより、磁気ヘッドと記録トラックとの間に位置ずれが生じる。このため、記録時には隣接トラックの信号情報を重ね書きにより消してしまったり、再生時には対象とするトラックの再生信号レベルが低下したり、隣接トラックの信号がクロストークノイズとして混入して再生信号の品質が低下したりする。

したがって、記録再生時には、磁気ヘッドの電磁変換素子の位置を正確かつ高速にディスク媒体上の所定の記録トラックに追従させる必要がある。

しかし、上記した従来の磁気ディスク装置は、磁気ヘッド、アームおよびコイルからなる質量の大きな構造体全体を揺動させる構成であり、また、弾性を有す

るサスペンションを介してスライダを移動させる構成であり、また、揺動の中心となるベアリングには摩擦抵抗や偏心などが必ず存在するため、位置決め精度、特に記録トラックの追従精度に限界があるという課題があった。

一方、磁気ディスク装置における高密度記録への要求は強く、このため、トラック密度はより高く、すなわち、記録トラック幅はより狭くなりつつあり、これに伴い磁気ヘッドの位置決め精度の向上が必要となっている。従来の位置決め制御帯域は約500Hzであり、位置決め精度は約0.3 μm であるが、記録トラック幅が1 μm 程度まで狭くなると、制御帯域としては数キロヘルツ、位置決め精度としては0.1 μm 程度以下が必要となる。このため、従来の磁気ヘッドの位置決め機構における課題はさらに顕在化している。

また、磁気ヘッドの浮上量は、従来、一般に50～100nm程度であったが、この程度の浮上量のままで記録再生トラックピッチを1 μm 程度まで狭くすると、記録時に隣接トラックの信号情報を記録漏れ磁界により消去してしまったり、再生時に信号レベル絶対出力の低下によりS/Nが劣化したりといった諸課題がでてくる。したがって、安定した記録再生特性を維持するには、ディスク媒体に対する磁気ヘッドの浮上量を50nm以下にする必要がある。しかし、浮上量を小さくする場合、シーク制御時や記録再生トラック追従制御時の浮上特性（浮上量変動）と、ディスク媒体の平滑性とを、より厳しく管理する必要がある。

ところで、最近、浮上量の極めて小さい疑似接触型ヘッドと呼ばれる磁気ヘッドや、磁気ヘッドとディスク媒体とが常時接触する接触型ヘッドの研究も進んでいる。これらの磁気ヘッドを用いる目的は、記録密度をさらに高くすることなので、これらの磁気ヘッドではシーク制御や記録再生トラック追従制御がさらに困難となる。

磁気ヘッドの位置決め精度を高める方法の一つとして、磁気ヘッド取り付けアームまたは支持バネ（サスペンション）に圧電素子等の微小変位アクチュエータを設ける方法が提案されている（特開平5-28670号公報、同5-47126号公報）。これらの方法により磁気ヘッド位置決め精度はある程度改善されるが、これらの方法も、弾性を有するサスペンションを介してスライダを駆動する

点ではVCMによる位置決め機構と同様であるため、サスペンションの振動による影響から逃れることはできず、位置決め精度向上に限界がある。

また、スライダを変位させるために小型の静電気力アクチュエータを用いる方法 (Magnetic Recording Head Positioning at Very High Track Densities Using a Microactuator-Based, Two-Stage Servo System, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 42, NO. 3, pp. 222-233, JUNE 1995) や、小型の電磁力アクチュエータを用いる方法 (Silicon Microstructures and Microactuators for Compact Computer Disk Drives, IEEE CONTROL SYSTEMS, pp. 52-57, DECEMBER 1994) が提案されているが、静電気力アクチュエータは、スライダを変位させるのに十分な駆動力を発生させることが難しく、電磁力アクチュエータは、漏れ磁束によるディスク媒体の磁気信号への影響が懸念されるという問題がある。また、両者共に、アクチュエータが発生する静電気力または電磁力で変形可能な小さな弾性を有する支持部材でスライダを保持しなければならないので、外乱に弱いという問題もある。なお、静電アクチュエータによりスライダを駆動することは特開平8-180623号公報にも記載されているが、このものでも同様な問題が生じる。

また、特開平6-259905号公報には、記録再生機能部 (電磁変換素子) を設けたスライダと、VCMにより駆動されるサスペンションとを、圧電素子等の駆動部材を介して連結する構成を有する記録再生装置用アクチュエータが記載されている。同公報の第1実施例 (図1参照) における薄形微動機構部 (駆動部材) は、対向する一組の薄板と、一組の圧電素子とから構成され、各薄板の両端には、各圧電素子の端部のうちいずれか一端を接続するための折り曲げ部が対角線上に設けられ、そこに圧電素子の各端が接続されたものである。この薄形微動機構部では、圧電素子を共に伸ばすように変形させるか、共に縮めるように変形させることにより、圧電素子の伸縮方向とほぼ直交する方向に記録再生機能部を微小変位させることが可能となっている。また、同公報の第2実施例 (図2参照) における薄形微動機構部は、第1実施例と同様に、対向する一組の薄板と、一組の圧電素子とから構成されている。ただし、各圧電素子の一端を接続するた

めの折り曲げ部は、各薄板の一端に設けられている点が第1実施例とは異なる。この薄形微動機構部では、各圧電素子をスライダの浮上面に平行な面内で共に同じ方向に曲げ変形させることにより、第1実施例と同様に記録再生機能部を微小変位させることが可能となっている。また、同公報の第3実施例（図3参照）では、曲げ変形が自在な一組の圧電素子だけから微動機構部を構成している。すなわち、各圧電素子は、一端にスライダが、他端にサスペンションがそれぞれ接続されている。

同公報では、従来技術として、スライダ自体に圧電素子を埋め込んだ微動アクチュエータを挙げており、このようなスライダ（微動アクチュエータ）では浮上面にねじれや歪みなどの変形が生じて、浮上特性に影響を与えている。そして、上記薄形微動機構部ではスライダに全く応力が加わらないため、スライダに変形が生じず、ヘッドの浮上挙動に全く影響を与えないアクチュエータを構成することが可能となることを効果として挙げている。しかし、第1実施例および第2実施例の薄形微動機構部は、一組の薄板を一組の圧電素子で接続したアセンブリ構造であるため、両圧電素子間に特性差が存在しないとしても、組立誤差などにより浮上方向へのぶれ（浮上量変動）が生じやすい。また、組立工程が必要であるため、コスト高となる。また、アセンブリ構造では、剛性を高くすることが難しくなり、接着部などの機械的な耐久性が低くなるほか、圧電素子の電極から配線を引き出す必要が生じるので、変位特性を阻害したり、構造が複雑となって製造コストが高くなるという問題も生じる。第3実施例も同様に、組立誤差が変位特性をばらつかせるという問題がある。

なお、同公報の図6に従来技術として記載されているアクチュエータおよび前記特開平5-28670号公報の図5に記載されているアクチュエータは、圧電素子等の変位発生素子をサスペンションにはめ込んだ構造であるため、変位発生素子の寸法とこれがはめ込まれる空隙の寸法との公差管理が難しい。圧電素子は変位量が非常に小さいため、両者の間に隙間が存在すると、伝達される変位量にロスやばらつきが生じ、変位が全く伝わらないこともある。したがって、隙間が生じないように高精度に組み立てる必要があり、技術的な困難を伴うと共にコス

トアップを招く。

特開昭63-291271号公報には、スライダとロードバーとの間に圧電素子または電歪素子からなる微動機構を設けた磁気ヘッド位置決め機構が記載されている。同公報の実施例に記載された微動機構は、薄い圧電素子板に"コ"字状の切り欠きを設けたものであり、圧電素子板の一部を伸縮させることにより、この伸縮と同じ方向にスライダを直線変位させるものである。この微動機構は、アセンブリ構造ではなく一体型ではあるが、スライダの変位量が圧電素子板の直線変位量に依存する構造なので、スライダの変位量を大きくするためには微動機構の寸法を大きくせざるを得ないという問題がある。

前記特開平5-47126号公報の図1～図4に記載された構成では、シート状の圧電素子自体をヘッド支持バネに貼り付けているため、ヘッド支持バネが圧電素子の変位を阻害する負荷となる。このため、圧電素子の小さな変位量がさらに減少してしまう。また、圧電素子に負荷がかかるので、寿命が短くなったり、特性劣化が早まったりし、十分な耐久性が得られない。また、圧電素子の貼り付けには、通常、有機樹脂等からなる接着剤層が用いられるので、圧電素子の変位に伴って接着剤層が変形してしまい、伝達ロスが生じる。また、圧電素子の変位する際に接着剤層にも負荷がかかるので、接着に関しての信頼性も低くなる。また、上記負荷および環境条件（高温・高湿等）により接着力（固定力）が変化したり、接着剤層自体の剛性が変化したりするため、圧電素子から接着剤層を介して電磁変換素子に伝達される変位に経年変化が生じてしまう。

また、特開平6-309822号公報の図6には、サスペンションの先端部に形成されるジンバル部の平行板ばねを構成する一対の金属薄板上に、それぞれシート状の圧電素子を装着した構成の駆動手段を有する記録再生ヘッドが記載されている。この駆動手段では、圧電素子の伸縮により圧電素子と金属薄板との長さの差が生じ、これによって両者が撓むことにより電磁変換素子の変位するものである。この構成でも圧電素子が接着剤層を介して金属薄板を撓ませるので、やはり接着剤層に負荷がかかり、信頼性が低くなる。

特開平60-47271号公報には、スライダとヘッド本体との間に、ヘッド

本体を情報用トラックの並列方向に微動させる駆動素子を設けた浮動ヘッドが記載されている。前記駆動素子としては圧電素子が挙げられている。具体的には、積層型圧電素子の厚さ変化を利用してヘッド本体を微動させるものと、バイモルフ型の圧電素子を利用するものとが記載されている。同公報に記載されたヘッド本体は、薄膜ヘッドの電磁変換素子ではなく、通常のパルク型磁気ヘッドである。同公報記載の積層型圧電素子は、電界と同じ方向の変位、すなわち圧電縦効果を利用するものであり、かつこれによる厚さ方向の直線変位を利用してヘッド本体を直線変位させるので、ヘッド本体の変位量を大きくするためには圧電素子の寸法を大きくせざるを得ないという問題がある。また、同公報記載の構造では、浮上面の一部が変形、変位する。このため、浮上特性が安定しないという問題およびヘッド本体と媒体との間のスペーシング変動により記録再生特性が安定しないという問題が生じる。

なお、以上では、記録／再生ヘッドのうち磁気ヘッドについて述べたが、磁気ヘッドの位置決めに関して述べた上記各問題は、光ディスク装置用の記録／再生ヘッドにおいても同様に生じる。従来の光ディスク装置では、少なくともレンズを有する光学モジュールを備えた光ピックアップを利用している。この光ピックアップは、光ディスクの記録面に焦点が合うようにレンズが機械的に制御されるものである。しかし、最近、光ディスクの記録密度を飛躍的に高める方法として、ニア・フィールド記録が提案されており [NIKKEI ELECTRONICS 1997. 6. 16 (no. 691), p. 99]、このニア・フィールド記録では、浮上型ヘッドを用いる。この浮上型ヘッドは、浮上型磁気ヘッドと同様なスライダを用い、このスライダに、SIL (solid immersion lens) と呼ばれる半球状のレンズと、磁界変調記録用コイルと、プリフォーカスレンズとを有する光学モジュールを組み込んだものである。ニア・フィールド記録用の浮上型ヘッドは、米国特許第 5, 497, 359 号明細書にも記載されている。このような浮上型ヘッドと組み合わせて用いられる光ディスクは、記録トラック密度が極めて高いため、記録トラックに対する位置決めの際には、浮上型磁気ヘッドと同様な上記各問題が生じる。

発明の開示

本発明の目的は、磁気ディスク装置や光ディスク装置等の記録／再生装置において、記録／再生ヘッドに設けられた電磁変換素子や光学モジュールの位置決めを、高精度かつ高速に行うことを可能とすることであり、また、このような位置決めを行う際に、記録媒体表面に垂直な方向における電磁変換素子や光学モジュールの位置変動を簡易な方法で抑制することである。

このような目的は、下記（１）から（１７）のいずれかの構成により達成される。

（１） 電磁変換素子または光学モジュールが設けられたスライダとアクチュエータとサスペンションとを有し、スライダがアクチュエータを介してサスペンションに支持されており、

アクチュエータが固定部と可動部とこれらを連結する少なくとも２つの梁部とを有し、梁部の少なくとも１つに変位発生部が形成されており、変位発生部が逆圧電効果または電歪効果により固定部と可動部とを結ぶ方向に伸縮するものであり、固定部がサスペンションに可動部がスライダにそれぞれ固定されており、

変位発生部の伸縮に伴い、変位発生部が撓むと共に可動部が固定部に対し直線変位するか弧状変位するか回転変位すると共に、電磁変換素子または光学モジュールが記録媒体の記録トラックと交差するように直線状または弧状の軌跡を描いて変位するものであり、

固定部と可動部と梁部とが、圧電・電歪材料から構成される板状体に孔部および／または切り欠きを設けることにより一体的に形成されたものである記録／再生ヘッド。

（２） アクチュエータがスライダの背面または側面に配置されている（１）の記録／再生ヘッド。

（３） スライダの背面に設けた段差によって形成された空間にアクチュエータが配置されている（２）の記録／再生ヘッド。

（４） スライダとアクチュエータとがサスペンションを挟んで対向して配置されている（１）～（３）のいずれかの記録／再生ヘッド。

(5) サスペンションの一部に、スライダを記録媒体表面に追従させるためのジンバル部が設けられており、このジンバル部にアクチュエータが連結されている(1)～(4)のいずれかの記録／再生ヘッド。

(6) アクチュエータの変位発生部に、両側に電極層が存在する圧電・電歪材料層が少なくとも2層存在する(1)～(5)のいずれかの記録／再生ヘッド。

(7) 電磁変換素子または光学モジュールの変位量が、アクチュエータの変位発生部の伸縮量よりも大きい(1)～(6)のいずれかの記録／再生ヘッド。

(8) 電磁変換素子または光学モジュールの変位量が、スライダとアクチュエータとの連結部の変位量よりも大きい(7)の記録／再生ヘッド。

(9) スライダとアクチュエータとの連結部の変位量が、アクチュエータの変位発生部の伸縮量よりも大きい(7)または(8)の記録／再生ヘッド。

(10) アクチュエータおよび／または電磁変換素子もしくは光学モジュールへの配線がサスペンションに形成されている(1)～(9)のいずれかの記録／再生ヘッド。

(11) (1)～(10)のいずれかの記録／再生ヘッドと、この記録／再生ヘッド全体を駆動する主アクチュエータとを有する記録／再生ヘッド位置決め機構。

(12) 電磁変換素子または光学モジュールが設けられたスライダとアクチュエータとサスペンションとを有し、スライダがアクチュエータを介してサスペンションに支持されている記録／再生ヘッドの位置決めを行う機構であり、

アクチュエータが固定部と可動部とこれらを連結する少なくとも2つの梁部とを有し、梁部の少なくとも2つに変位発生部が形成されており、変位発生部が逆圧電効果または電歪効果により固定部と可動部とを結ぶ方向に伸縮するものであり、固定部がサスペンションに可動部がスライダにそれぞれ固定されており、

変位発生部の伸縮に伴い、変位発生部が撓むと共に可動部が固定部に対し直線変位するか弧状変位するか回転変位することにより、電磁変換素子または光学モジュールが記録媒体の記録トラックと交差するように直線状または弧状の軌跡を描いて変位するものであり、

記録トラックと交差する方向の位置決めを行う際に、各変位発生部に印加する駆動電圧の総和を、どの時刻においても一定となるように制御する記録／再生ヘッド位置決め機構。

(13) 各変位発生部の伸縮の向きが、同極性の印加電圧に対して同一であり、各変位発生部へ印加される電圧が、直流バイアス電圧に制御電圧を加算したものであり、各変位発生部において加算する前記制御電圧の総和をどの時刻においてもゼロとなるように制御するものである(12)の記録／再生ヘッド位置決め機構。

(14) 前記各変位発生部が、電圧印加により伸縮する変位部と、この変位部を挟む一対のカバー部とを有し、変位部とカバー部とが記録媒体表面に垂直な方向に積層されており、

カバー部が、変位部に密着して存在し、かつ変位部の伸縮に伴って変形するものである(12)または(13)の記録／再生ヘッド位置決め機構。

(15) 前記記録／再生ヘッドが(1)～(10)のいずれかの記録／再生ヘッドである(12)～(14)のいずれかの記録／再生ヘッド位置決め機構。

(16) 前記記録／再生ヘッド全体を駆動する主アクチュエータを有する(12)～(15)のいずれかの記録／再生ヘッド位置決め機構。

(17) (1)～(10)のいずれかの記録／再生ヘッドまたは(11)～(16)のいずれかの記録／再生ヘッド位置決め機構を有する記録／再生装置。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の磁気ヘッドの基本構成例と、電磁変換素子の位置決め機構とを説明するための斜視図であり、図2は、本発明の磁気ヘッドのうち、アクチュエータをスライダ背面に配置する構成例を示す斜視図であり、図3は、本発明の磁気ヘッドのうち、アクチュエータをスライダ背面に配置する構成例を示す斜視図であり、図4は、本発明の磁気ヘッドのうち、アクチュエータをスライダ背面に配置する構成例を示す斜視図であり、図5は、本発明の磁気ヘッドのうち、アクチュエータをスライダ背面に配置する構成例を示す斜視図であり、図6は、本

発明の磁気ヘッドにおけるアクチュエータの構成例を示す平面図であり、図 7 A は、図 6 に示すアクチュエータの可動部を直線変位させる場合の各部の撓みを誇張して表す平面図であり、図 7 B は、図 6 に示すアクチュエータの可動部を回転変位させる場合の各部の撓みを誇張して表す平面図であり、図 8 は、本発明の磁気ヘッドにおけるアクチュエータの構成例を示す平面図であり、図 9 は、本発明の磁気ヘッドにおけるアクチュエータの構成例を示す平面図であり、図 10 は、本発明の磁気ヘッドにおけるアクチュエータの構成例を示す平面図であり、図 11 は、本発明の磁気ヘッドのうち、アクチュエータをスライダ側面に配置する構成例を示す斜視図であり、図 12 は、本発明の磁気ヘッドのうち、アクチュエータをスライダ側面に配置する構成例を示す斜視図であり、図 13 は、本発明の磁気ヘッドのうち、アクチュエータをスライダ側面に配置する構成例を示す側面図であり、図 14 は、本発明の磁気ヘッドのうち、スライダ背面に設けた段差により形成された空間にアクチュエータ配置する構成例を示す斜視図であり、図 15 は、本発明の磁気ヘッドのうち、スライダ背面に設けた段差により形成された空間にアクチュエータ配置する構成例を示す斜視図であり、図 16 は、本発明の磁気ヘッドのうち、スライダとアクチュエータとがサスペンションを挟んで対向して配置される構成例を示す斜視図であり、図 17 は、本発明の磁気ヘッドのうち、スライダとアクチュエータとからなる構造体の重心付近でアクチュエータとサスペンションとを連結する構成例を示す側面図であり、図 18 A は、本発明の磁気ヘッドのうち、サスペンションのジンバル部にスライダを連結する構成例の平面図であり、図 18 B は、その側面図であり、図 19 A は、本発明の磁気ヘッドのうち、サスペンションのジンバル部にスライダを連結する構成例の平面図であり、図 19 B は、その側面図であり、図 20 A は、本発明の磁気ヘッドのうち、サスペンションのジンバル部にスライダを連結する構成例の平面図であり、図 20 B は、その側面図であり、図 21 は、本発明の磁気ヘッドのうち、サスペンションのジンバル部を挟んでアクチュエータとスライダとを連結する構成例を示す斜視図であり、図 22 A は、本発明の磁気ヘッドのうち、アクチュエータの変位発生部の伸縮量よりも電磁変換素子の変位量を大きくできる構成例の平面図であり、

図 2 2 B は、その側面図であり、図 2 3 A は、本発明の磁気ヘッドのうち、アクチュエータの変位発生部の伸縮量よりも電磁変換素子の変位量を大きくできる構成例の平面図であり、図 2 3 B は、その側面図であり、図 2 4 は、本発明の磁気ヘッドに用いるアクチュエータの構成例を示す斜視図であり、図 2 5 A は、内部電極層の構成例を示す分解斜視図であり、図 2 5 B は、端子電極の構成例を示す平面図であり、図 2 6 は、磁気ヘッド位置決め機構における駆動制御の基本的構成を説明するための斜視図であり、図 2 7 は、アクチュエータの断面図であり、図 2 8 は、図 2 6 における電磁変換素子 1 について、X 軸方向変位の時間的変化を表すグラフであり、図 2 9 A は、アクチュエータの一方の変位発生部に印加される電圧の時間的変化を示すグラフであり、図 2 9 C は前記電圧の印加に伴って生じる電磁変換素子の Z 軸方向変位の時間的変化を示すグラフであり、図 2 9 B は、アクチュエータの他方の変位発生部に印加される電圧の時間的変化を示すグラフであり、図 2 9 D は前記電圧の印加に伴って生じる電磁変換素子の Z 軸方向変位の時間的変化を示すグラフであり、図 2 9 E は、一方の変位発生部に図 2 9 A に示す電圧が印加され、他方の変位発生部に図 2 9 B に示す電圧が印加されたときの電磁変換素子の Z 軸方向変位の時間的変化を示すグラフであり、図 3 0 A は、アクチュエータの一方の変位発生部に印加される電圧の時間的変化を示すグラフであり、図 3 0 C は前記電圧の印加に伴って生じる電磁変換素子の Z 軸方向変位の時間的変化を示すグラフであり、図 3 0 B は、アクチュエータの他方の変位発生部に印加される電圧の時間的変化を示すグラフであり、図 3 0 D は前記電圧の印加に伴って生じる電磁変換素子の Z 軸方向変位の時間的変化を示すグラフであり、図 3 0 E は、一方の変位発生部に図 3 0 A に示す電圧が印加され、他方の変位発生部に図 3 0 B に示す電圧が印加されたときの電磁変換素子の Z 軸方向変位の時間的変化を示すグラフであり、図 3 1 は、変位発生部を 4 つ有するアクチュエータの平面図であり、図 3 2 は、従来の磁気ディスク装置に用いられている磁気ヘッド位置決め機構の構成例を示す平面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の記録／再生ヘッドの作用および効果を、磁気ヘッドを例に挙げ

て説明する。

図1に、本発明の磁気ヘッドの基本的な構造例を示す。アクチュエータ4は、電磁変換素子1が形成されているスライダ2とサスペンション3との間に介在し、これらを連結している。アクチュエータ4には、両側に電極層を有する圧電・電歪材料層が少なくとも1層設けられ、ここが変位発生部となっている。変位発生部は、逆圧電効果または電歪効果により伸縮を発生する。この伸縮により、スライダ2はサスペンション3に対し相対的に変位する。このときの電磁変換素子1の変位方向が記録トラックと交差する方向、好ましくは記録トラックとほぼ直交する方向となるように、アクチュエータ4にスライダ2が連結されている。アクチュエータ4では、トラック位置ずれ信号に基づいた電圧制御により変位発生部の伸縮制御がなされ、これにより記録トラックに電磁変換素子1を追従させることが可能となっている。

このような構成において、アクチュエータの変位発生部の伸縮によるスライダの位置決め精度は、 $0.1\mu\text{m}$ 以下とすることができる。また、アクチュエータが駆動する対象物であるスライダの質量は、従来の位置決め機構（VCM）のアーム、コイルや、サスペンションを含む磁気ヘッド全体に比べ極めて小さいこと、駆動対象物であるスライダはバネ性を有さず、剛体とみなせること、逆圧電効果または電歪効果によりアクチュエータが発生する駆動力は、同等の変位量の静電気力アクチュエータに比べ十分に大きいことなどから、スライダの位置決め制御周波数を数キロヘルツ以上にできるので、VCMだけを用いて位置決めを行う従来の磁気ディスク装置に比べ、位置決め精度は大きく向上する。また、電磁力アクチュエータで懸念される漏れ磁界によるディスク媒体への影響も心配ない。また、静電気力や電磁力を利用するアクチュエータの場合、比較的剛性の低い弾性部材で可動部を支持する必要があるので、振動や衝撃による位置ずれが起こりやすいが、本発明では、剛性の高い圧電・電歪セラミックスを利用でき、かつ弾性部材を介することなしにアクチュエータとスライダとを連結できるので、位置ずれが生じにくい。

このように、本発明の磁気ヘッドでは、VCMによりあるいは圧電素子等の微

小変位アクチュエータにより、バネ性を有するサスペンションを含む磁気ヘッド全体を変位させて位置決めを行う従来の方法、および静電気力や電磁力を利用するアクチュエータでスライダを変位させて位置決めを行う従来の方法に比べ、位置決め制御周波数の広帯域化が可能であり、高精度なトラック位置決め制御が実現できる。

本発明に用いるアクチュエータは、圧電・電歪材料から構成される板状体に孔部および／または切り欠きを設けることにより、スライダおよびサスペンションに接続される部位（可動部および固定部）と、変位発生部を有する梁部とが、一体的に形成されたものである。したがって、アクチュエータの剛性および寸法精度を高くでき、組立誤差が生じる心配もない。また、アクチュエータ自体の製造には接着剤を用いないため、変位発生部の変形によって応力が生じる部分に接着剤層が存在しないので、接着剤層による伝達ロスや、接着強度の経年変化などの問題も生じない。また、各部を一体的に形成するため、例えば図 2 5 A および図 2 5 B に示すように、変位発生部に設ける内部電極層 A₁、B₁、G₁を固定部 4 3 まで延在させて、これらを固定部 4 3 の端子電極 A₀、B₀、G₀と接続する構成とすることができる。この構成ではアクチュエータ駆動のためにワイヤー等を変位発生部の電極に結線する必要がない。また、スライダへの配線もワイヤー等ではなくアクチュエータを介して行うことが可能となる。したがって、製造が容易であり、信頼性も高くなる。これに対し前記特開平 6 - 2 5 9 9 0 5 号公報に記載されたアクチュエータ（薄形微動機構部）は、固定部および可動部にそれぞれ相当する部位と変位発生部に相当する部位とを独立して製造し、これらを組み立てたものなので、剛性、耐久性および寸法精度が低くなるほか、組立誤差が必然的に発生するため、浮上方向へのぶれが生じやすくなる。また、一般的には、変位発生部に相当する部位へのワイヤー配線が必要となるので、製造コストおよび信頼性の点でも問題がある。

本発明の磁気ヘッドは、基本的には従来の磁気ヘッドにアクチュエータを追加配置することで実現でき、従来の電磁変換素子、スライダ、サスペンションをそのまま利用することが可能であるため、大幅なコストアップを招くこともない。

逆圧電効果や電歪効果により発生する変位量は極めて小さいが、本発明では、変位発生部の伸縮量や可動部の変位量よりも、電磁変換素子の変位量を大きくすることができる。すなわち、変位量の増幅が可能である。具体的には、変位発生部が伸縮すると共に撓む構成、例えば図22Aに示すアクチュエータでは、変位発生部41の伸縮量よりも可動部44（スライダとアクチュエータとの連結部）の変位量を大きくすることができる。すなわち、図22Aに示すアクチュエータは、それ自体が変位拡大機能を有している構成の例である。また、変位発生部の伸縮に伴い発生する固定部に対する可動部の変位が、弧状変位または回転変位である場合には、アクチュエータの構造やアクチュエータとスライダとの連結位置などを適当なものとするにより、可動部の変位量よりも電磁変換素子の変位量を大きくすることができる。例えば図22Aに示すアクチュエータは、可動部が弧状変位する。そこで、図23Aに示すように、このアクチュエータにおいて、可動部44とスライダ2との連結部と、電磁変換素子1との間の距離を大きくすれば、電磁変換素子1の変位量を可動部44の変位量よりも大きくできる。このように本発明では変位量の増幅が可能なので、アクチュエータを小型化しても実用的に十分な変位量を得ることができる。これに対し、圧電素子の伸縮を利用してその伸縮の方向と同じ方向に直線変位させる構成では、実用的に十分な変位量を得るためにはアクチュエータを大型にせざるを得ない。

本発明において、アクチュエータの変位発生部を、両側に電極層が存在する圧電・電歪材料層が少なくとも2層存在する構成、すなわち、いわゆる積層型の構成とすれば、各圧電・電歪材料層を薄くすることができるので、所定の駆動電圧を印加したときの電界強度を高くできる。このため、変位量を大きくすることが可能となる。あるいは、所定の変位量を発生させるために必要な駆動電圧を低減することができる。

次に、本発明の具体的な構成例における効果を説明する。

本発明において、例えば図2～図5に示すように、アクチュエータ4をスライダ2の背面に配置すれば、スライダ2の背面を連結に利用できる。

本発明において、例えば図11～図13に示すように、アクチュエータ4をス

ライダ2の側面に配置すれば、アクチュエータ4を設けることによる磁気ヘッド全体の厚さの増加を抑えることができ、アクチュエータ4の厚さをスライダ2の厚さより小さくした場合には、磁気ヘッドの厚さを全く増加させないことも可能である。通常、磁気ディスク装置では、複数枚のディスク媒体が磁気ヘッドの作動空間を挟んで重ねられた構造となっている。磁気ディスク装置の薄型化のためには、隣り合うディスク媒体間の距離を小さくする必要があるので、図示例のようにアクチュエータ4をスライダ2側面に配置すれば、磁気ヘッドの厚さ増加が抑えられる結果、磁気ディスク装置の薄型化を阻害しない。

また、例えば図14、図15に示すように、スライダ2の背面に段差を少なくとも1つ設け、この段差によって形成された空間21にアクチュエータ4を配置しても、磁気ヘッドの厚さ増加を抑えることができる。しかも、この場合、駆動対象物であるスライダ2の質量が減少するので、制御帯域の拡大が可能となる。

また、例えば図16～図17に示すように、スライダ2とアクチュエータ4とを、サスペンション3を挟んで対向して配置する構成とすれば、従来の磁気ヘッドにおいてサスペンションの一方の側にスライダが存在し他方の側に何も無いことによるアンバランスが改善される。このため、VCMなどにより磁気ヘッド全体を揺動させる際に、サスペンションのねじれなどが減少し、スライダの姿勢が安定化する。特に、スライダ2とアクチュエータ4とからなる構造体のサスペンション3上下における質量配分がほぼ1:1となるように構成すれば、すなわち、サスペンション3またはその延長線が、前記構造体の重心付近を通過するように構成すれば、前記アンバランスはより改善される。

また、例えば図18A、図19A、図20A、図21に示すように、ディスク媒体表面の振れにスライダ2を追従させるためのジンバル（返しバネ）部をサスペンション3に設ける場合、ジンバル部にアクチュエータ4を連結する構成とすれば、アクチュエータ4とスライダ2とは一体的にディスク媒体に追従することができ、ジンバル機構を有効に機能させることができる。また、追従の際のジンバル部のねじれなどによる力がアクチュエータに掛からないので、アクチュエータ性能の低下が防止され、信頼性が向上する。

本発明を通常の磁気ディスク装置に適用する場合、通常、従来の磁気ヘッドの位置決め制御機構であるVCM等を主アクチュエータとして用い、本発明の磁気ヘッドに設けたアクチュエータを副アクチュエータとして用いる構成とする。すなわち、通常、VCMにシーク動作を主として担わせ、スライダに連結されたアクチュエータにトラック追従動作を主として担わせるので、位置決め精度が良好となる。また、弾性部材によりスライダを支持する必要がある静電気力アクチュエータや電磁力アクチュエータでは、シーク動作後の残留振動や外部からの衝撃、振動によるトラック位置ずれが発生しやすいが、本発明では、アクチュエータとスライダとが弾性部材を介さずに連結されており、また、アクチュエータ全体が剛性の高い圧電・電歪セラミックス材料から構成されているので、トラックの位置ずれが発生しにくい。

以上に説明したように、本発明の磁気ヘッドおよびこれをVCM等の従来の位置決め装置と組み合わせた装置では、高精度かつ高速な位置決めが可能となるので、ディスク媒体の記録トラック幅を小さくでき、トラック密度の向上が可能となる。このため、ディスク媒体の記録密度を高めることができ、磁気ディスク装置の記録容量を高めることができる。また、磁気ディスク装置のアクセス時間の短縮が可能となる。

なお、本発明のうち、電磁変換素子が形成されたスライダを弧状変位または回転変位させる構成では、スライダのスキュー角を制御することが可能である。図32からわかるように、ディスク媒体6の内周側と外周側とでは、スライダ中心線とスライダ走行方向（記録トラック延在方向）とのなす角度が異なるため、スライダのエアベアリング面における圧力の発生状態が異なり、その結果、スライダの浮上特性が変動することになる。また、スライダの角度変動により、電磁変換素子と記録トラックとのなす角度も変動するので、記録／再生トラック幅にも変動が生じてしまう。これに対し、アクチュエータでスライダを弧状変位または回転変位させることにより記録トラックに対するスライダの角度の変化を抑制し、好ましくは前記角度を一定に保てば、浮上特性の変動および記録／再生トラック幅の変動を抑制することができる。

本発明を磁気ヘッドに適用する場合、磁気ディスク装置に限らず、VCM等の粗動アクチュエータを併用しない構成の磁気記録／再生装置、例えば、固定ヘッド型や回転ヘッド型の磁気テープ記録／再生装置などにも適用可能であり、その他の磁気記録媒体の記録／再生装置にも適用可能である。

次に、アクチュエータを有する磁気ヘッドを駆動する際の好ましい制御方法について、説明する。

図1において、電磁変換素子1の位置決め制御は、以下のように行われる。まず、ディスク媒体6に記録されたトラック位置信号を電磁変換素子1が検出する。次いで、ヘッド位置決め制御回路7および増幅器8によって、前記トラック位置信号から粗動用の駆動電流および微動用の駆動電圧を生成する。そして、粗動用の駆動電流をVCMに、微動用の駆動電圧をアクチュエータ4の変位発生部にそれぞれ印加することにより、電磁変換素子1の位置決め制御を行う。

本発明で用いるアクチュエータは、固定部、変位発生部および可動部が一体的に形成されるため、組立誤差は生じないが、例えば、変位発生部の形状や材質に、ばらつきや伸縮方向に対し垂直な方向の非対称性があると、トラック位置信号に基づいてアクチュエータ4の変位発生部の伸縮制御を行う際に、電磁変換素子1がディスク媒体6に近づく方向または遠ざかる方向にも変位し、ディスク媒体6に対する電磁変換素子1の浮上量に変動が発生することがある。この変動は再生信号のレベル変動となり、読み取り情報のエラーレートを悪化させるほか、変動幅が大きい場合には磁気ヘッドとディスク媒体との接触によるヘッドクラッシュを発生させるといった重大な問題も引き起こす。

変位発生部を意図する方向以外には変位させないためには、変位発生部の形状の対称性や、変位発生部の均質性などを厳密に管理する必要があるが、このような厳密な管理を行うと、量産性の低下やコストアップを招くという課題がある。

本発明の磁気ヘッド位置決め機構は、浮上方向における変位発生部の形状非対称性や不均質性などによって生じる浮上量の変動を、アクチュエータに印加する駆動電圧を制御することによって抑制することを可能にするものである。具体的には、変位発生部の伸縮制御を行う際に、各変位発生部に印加する電圧の総和が

どの時刻においても一定となるように、位置決め制御回路 7 において演算処理して印加電圧を制御する。これにより、アクチュエータ駆動の際の浮上量変動を抑制することが可能となる。したがって、変位発生部に非対称性や不均質性が存在していても、再生信号のレベル変動や、磁気ヘッドとディスク媒体との接触により発生するヘッドクラッシュの危険性を抑えることができ、安定した高精度なトラック位置決め制御が実現できる。この結果、浮上量を小さく設定することが可能となり、ディスク媒体の記録再生トラック幅を小さくできる。このため、トラック密度の向上が可能となってディスク媒体の記録密度を高めることができる。

また、アクチュエータに印加する駆動電圧を上記のように制御する方法は、前述した疑似接触型ヘッドや接触型ヘッドにおいても有効である。これらのヘッドには、一定の接触圧となるように媒体表面に向かう方向の荷重が加えられているが、浮上型ヘッドにおいて浮上量変動を生じさせる要因は、疑似接触型ヘッドや接触型ヘッドでは上記接触圧を変化させる要因となる。これらのヘッドにおいて接触圧が変化すると、摩擦力が変化するため、シーク制御やトラック追従制御に悪影響を与える。また、接触圧が増大する方向に変化すれば、媒体表面が損傷したり、これにより塵埃が発生したり、電磁変換素子が損傷するなどの致命的な事態に至ることもある。これに対し、疑似接触型や接触型のヘッドに上記駆動電圧制御方法を適用すれば、接触圧の変動を抑えることができるため、信頼性を向上できる。

なお、浮上方向の変位を抑制できるこのような位置決め機構は、例えば前記特開平 6-259905 号公報に記載された組立構造の薄形微動機構部にも適用できる。そして、組立誤差による浮上方向の意図しない変位を抑制することが可能である。

以上では、本発明を磁気ヘッドに適用する場合について説明したが、本発明は光ディスク等の光学的記録媒体の記録／再生装置に用いられる記録／再生ヘッドにも適用可能であり、この場合にも同様な効果を実現する。本発明が適用可能な光記録媒体用記録／再生ヘッド（光学ヘッド）は、上記した磁気ヘッドと同様なスライダを有し、このスライダに光学モジュールを組み込むか、スライダ自体を

光学モジュールから構成したものである。光学モジュールは少なくともレンズを有し、さらに、必要に応じてレンズアクチュエータや磁界発生用コイルなどが組み込まれる。このような光学ヘッドとしては、具体的には、例えば前記したニア・フィールド記録に用いられる浮上型ヘッド（前記米国特許第5, 497, 359号明細書に記載されたもの）が挙げられるが、このほかにも、スライダが記録媒体表面を摺動するような光学ヘッド、すなわち疑似接触型や接触型の光学ヘッドにも、本発明を適用することができる。光学ヘッドにおける作用および効果は、上記説明において電磁変換素子を光学モジュールと読み替えれば、容易に理解できる。

なお、本明細書では、記録／再生ヘッドを、記録再生ヘッドと記録専用ヘッドと再生専用ヘッドとを含む概念とし、記録／再生装置も同様に、記録再生装置と記録専用装置と再生専用装置とを含む概念とする。また、記録媒体も、記録可能媒体に限らず、例えば再生専用光ディスクなどのように再生専用型の媒体を含む概念とする。

以下、本発明の実施の形態を、磁気ヘッドを例に挙げて図面に基づき説明するが、上述したように、本発明は光学ヘッドにも適用することができる。

図1に、本発明の磁気ヘッドの基本構成および動作の説明のための斜視図を示す。同図に示す磁気ヘッドは、電磁変換素子1が設けられたスライダ2と、このスライダ2を支持するサスペンション3とを有し、スライダ2とサスペンション3との間には、アクチュエータ4が設けられている。アクチュエータ4は、変位発生部と固定部と可動部とが一体的に形成された構造である。変位発生部には、両側に電極層が存在する圧電・電歪材料層が少なくとも1層設けられ、電極層に電圧を印加することにより伸縮を発生する構成となっている。圧電・電歪材料層は、逆圧電効果または電歪効果により伸縮する圧電・電歪材料からなる。変位発生部の一端は固定部を介してスライダ2に連結され、変位発生部の他端は可動部を介してサスペンション3に連結されており、変位発生部の伸縮によりスライダ2が変位して、電磁変換素子1がディスク媒体6の記録トラックと交差するように直線状または弧状に変位する構成となっている。

アクチュエータをスライダ背面に配置する構成

図 2 に、本発明の磁気ヘッドの構成例の分解斜視図を示す。同図に示すアクチュエータは、固定部 4 3 と可動部 4 4 とが設けられ、さらに、これらを接続する 2 本の棒状の梁部が平行に設けられ、2 本の梁部にそれぞれ電極層 4 5 が設けられて変位発生部 4 1 を構成しているものである。固定部 4 3 は枠状であり、変位発生部 4 1 および可動部 4 4 を包囲する構造となっている。可動部 4 4 はスライダ 2 に、固定部 4 3 はサスペンション 3 に、それぞれ接着等により連結されている。

同図に示すアクチュエータ全体は、所定箇所に電極層 4 5 を設けた圧電・電歪材料の板状体に 2 つの孔部を形成することにより、変位発生部 4 1、固定部 4 3 および可動部 4 4 を形成した構造となっている。この構造は、以降で説明する図 2 ～図 5 に示すアクチュエータにおいても同様である。

なお、同図では、変位発生部 4 1 を明示するため、電極層 4 5 が変位発生部表面に存在するように図示しているが、通常、電極層はアクチュエータ表面には露出しておらず、後述するように各電極層の表面に、カバー部としての圧電・電歪材料層が存在する構造とされる。以降の図示例についても同様である。

変位発生部 4 1 において一对の電極層 4 5 に挟まれた圧電・電歪材料層が、PZT 等のいわゆる圧電材料から構成されている場合、圧電・電歪材料層には、通常、変位性能向上のための分極処理が施されている。この分極処理による分極方向は、板状体の厚さ方向である。電極層に電圧を印加したときの電界の向きが分極の向きと一致する場合、両電極間の圧電・電歪材料層はその厚さ方向に伸長（圧電縦効果）し、その面内方向では収縮（圧電横効果）する。一方、電界の向きが分極の向きと逆である場合、圧電・電歪材料層はその厚さ方向に収縮（圧電縦効果）し、その面内方向では伸長（圧電横効果）する。図示例では、圧電横効果、すなわち固定部 4 3 と可動部 4 4 とを結ぶ方向の伸縮を利用して、可動部 4 4 を図中矢印方向に弧状に変位させる。そして、この変位によりスライダ 2 を揺動させ、電磁変換素子 1 を記録トラックと交差するように弧状に変位させる。

同図の構成において、一方の変位発生部と他方の変位発生部とに、収縮を生じ

させる電圧を交互に印加すると、一方の変位発生部の長さ和他方の変位発生部の長さとの比率が変化し、これによって両変位発生部は前記板状体の面内、すなわちアクチュエータの面内において同方向に撓む。この撓みによって、固定部 4 3 に対し可動部 4 4 が、電圧無印加時の位置を中央として図中矢印方向に揺動することになる。この揺動は、可動部 4 4 が、変位発生部 4 1 の伸縮方向に対しほぼ直交する方向に弧状の軌跡を描く変位であり、弧状の軌跡の中心は、両梁部が固定部 4 3 に接続する 2 箇所中央付近となる。可動部 4 4 の揺動方向はアクチュエータの面内に存在するため、電磁変換素子 1 も弧状の軌跡を描いて揺動することになる。このとき、電圧と分極とは向きが同じなので、分極減衰のおそれがなく、好ましい。なお、両変位発生部に交互に印加する電圧が変位発生部を伸長させるものであっても、同様な揺動が生じる。

また、この構成では、両変位発生部に、互いに逆の変位が生じるような電圧を同時に印加してもよい。すなわち、一方の変位発生部と他方の変位発生部とに、一方が伸長したとき他方が収縮し、一方が収縮したとき他方が伸長するような交番電圧を同時に印加してもよい。このときの可動部 4 4 の揺動は、電圧無印加時の位置を中央とするものとなる。この場合、駆動電圧を同じとしたときの揺動の振幅は、電圧を交互に印加する上記場合の約 2 倍となる。ただし、この場合、揺動の一方の側では変位発生部を伸長させることになり、このときの駆動電圧は分極の向きと逆となる。このため、印加電圧が高い場合や継続的に電圧印加を行う場合には、圧電・電歪材料の分極が減衰するおそれがある。したがって、分極と同じ向きに一定の直流バイアス電圧を加えておき、このバイアス電圧に前記交番電圧を重ねたものを駆動電圧とすることにより、駆動電圧の向きが分極の向きと逆になることがないようにする。この場合の揺動は、バイアス電圧だけを印加したときの位置を中央とするものとなる。

なお、図 2 に示す構成の変形例として、一方の梁部だけに変位発生部を設ける構成としてもよい。この場合、図 2 の構成と同様に、変位発生部の収縮だけでなく伸長も行って変位量を大きくする構成としてもよく、バイアス電圧印加により分極の減衰を防ぐ構成としてもよい。

図3に示すアクチュエータは、棒状の固定部43と可動部44とが2本の棒状の梁部によって接続され、各梁部にそれぞれ一对の電極層45が設けられて変位発生部41を構成している点で、図2の構成と同様であり、圧電・電歪材料の分極も図2の構成と同様である。ただし、この構成ではヒンジ部421が設けられている。ヒンジ部421は、梁部のうち変位発生部41と可動部44との間にある領域である。ヒンジ部421は、厚さに対する幅が変位発生部41のそれより小さく、アクチュエータ面内方向の剛性が変位発生部41に比べ低くなっている。

この構成において、一方の変位発生部と他方の変位発生部とが互いに逆の変位を生じるような電圧を印加すると、ヒンジ部421は剛性が相対的に低いので、両変位発生部の伸縮に伴ってアクチュエータ面内方向に撓み、一方、両変位発生部は剛性が相対的に高いので、撓みは小さい。この結果、可動部44は、両梁部との2箇所の接続部の中央付近を中心とする回転変位をすることになり、電磁変換素子1は弧状の軌跡を描く。

この構成では、変位発生部41に対するヒンジ部の剛性が相対的に低いほど変位発生部41の撓みが小さくなり、その結果、変位発生部41の単位収缩量あたりの可動部44の回転角度が大きくなる。

この構成においても、図2の構成と同様に、一方の変位発生部と他方の変位発生部とに、収縮または伸長を生じさせる電圧を交互に印加してもよい。また、一方の梁部だけに電極層を設ける構成としてもよいが、その場合には、可動部44の回転の中心が、電極層を設けない梁部のヒンジ部付近となる。

図4および図5にそれぞれ示すアクチュエータは、アクチュエータの外枠を構成する棒状の固定部43と、固定部43に包囲された可動部44と、これらを結ぶL字型の梁部とを有する。梁部は、図4では2本存在し、図5では4本存在する。これらのアクチュエータの外形形状は、面内に対し垂直でかつ可動部44の中央を通る対称軸（図中のZ軸）について回転対称である。

これらの構成において、両変位発生部が同時に収縮または同時に伸長するような電圧を印加すると、可動部44は前記対称軸を中心とする回転運動をし、電磁変換素子1は弧状の軌跡を描く。これらの構成では、スライダを回転駆動するの

で、駆動による反動が小さく、磁気ヘッドの振動特性に悪影響を及ぼすことが少ない。また、図3に示す構成でもスライダを回転駆動させることが可能なので、同様な効果が実現し得る。ここで、スライダを回転駆動させるとは、スライダを貫く軸を中心としてスライダを回転させることを意味する。

なお、これらの構成において、梁部のうち変位発生部41と可動部44との間にある領域を、図3におけるヒンジ部421のように、アクチュエータ面内方向の剛性が変位発生部41のそれに比べ低くなるような形状として、ヒンジ部としての働きをもたせてもよい。

これらの構成では、固定部43と可動部44との間のスリット状孔部の長手方向と平行に、すなわち前記スリット状孔部を縦断するように梁部を形成しているため、変位発生部41の長さを大きくとれ、その結果、可動部44の回転角を大きくできる。ただし、必要に応じ、前記スリット状孔部を横断するように梁部を設ける構成としてもよい。

このように可動部に回転運動をさせるためには、梁部の数が2または4である必要はなく、3または5以上であってもよい。また、枠状の固定部や可動部についても、外周や内周の形状は四角形状に限られず、例えば他の多角形状としてもよく、円状としてもよい。

図5では、前記対称軸に対し対称な一対の梁部が2組存在するが、このうちの1組だけに電極層を設ける構成としてもよい。この場合、他の1組の梁部は支持部ないしヒンジ部として働く。

図4においても一方の梁部だけに電極層を設ける構成としてもよい。また、一方の梁部だけに電極層を設けると共に、他方の梁部を前記スリット状孔部を横断するように設けてヒンジ部としてもよい。ただし、これらの構成では回転運動の中心軸が可動部の中央から外れることになる。

図6に、変位発生部の伸縮に伴い、変位発生部が撓むと共に可動部が固定部に対し前記板状体の面内において直線変位するか、回転変位するアクチュエータの構成例を示す。

同図に示すアクチュエータ4は、枠状の固定部43を有し、固定部43の内部

に、可動部 4 4 と、互いに平行な 2 本の変位発生部からそれぞれ構成される 2 対の変位発生部、すなわち、第 1 対（変位発生部 4 1 1 a、4 1 1 b）と、第 2 対（変位発生部 4 1 2 a、4 1 2 b）とを有する。各対は、伸縮方向が互いに平行である。

このアクチュエータの面内において、可動部 4 4 を通り、変位発生部の伸縮方向に対し垂直な軸を X 軸とする。第 1 対と第 2 対とは X 軸を挟んで鏡面对称に配置されている。

各変位発生部は、固定部 4 3 に設けた固定連結部 4 3 1、4 3 2 に連結されている。これらの固定連結部は、棒状の固定部 4 3 の一部にスリット状孔部を設けることにより形成されたものであり、幅が狭く面内方向の剛性が低い領域である。剛性の低い固定連結部に変位発生部を連結するのは、変位発生部の伸縮を阻害しないためである。なお、固定連結部の剛性を低くする手段は特に限定されず、図示例のような構造とするほかに、例えば図 1 0 における固定連結部 4 3 1 ~ 4 3 4 のように、固定部 4 3 の一部を薄くする構造としてもよい。固定連結部はアクチュエータ駆動の際に変形する必要があるので、アクチュエータの固定部をサスペンションに接着する際に、固定連結部は接着しない。これは、後述する図 1 0 のアクチュエータにおいても同様である。

図 7 A および図 7 B は、このアクチュエータを駆動したときの各部の変形を誇張して示す平面図である。これら各図を用いて、このアクチュエータの動作を説明する。

このアクチュエータの駆動に際し、各対において一方の側（以下、図中の左側）に存在する変位発生部 4 1 1 a、4 1 2 a を収縮させると共に、各対において他方の側（以下、図中の右側）に存在する変位発生部 4 1 1 b、4 1 2 b を伸長させると、図 7 A に示すように、各変位発生部の伸縮を阻害しないように固定連結部 4 3 1、4 3 2 が撓み、その結果、すべての変位発生部が右側に凸となるように撓むので、可動部は右側に直線変位することになる。

また、第 1 対の左側の変位発生部 4 1 1 a と、第 2 対の右側の変位発生部 4 1 2 b とを収縮させると共に、他の変位発生部 4 1 1 b、4 1 2 a を伸長させると、

図7Bに示すように、各変位発生部の伸縮を阻害しないように固定連結部431、432が撓み、その結果、第1対は右側に凸となるように撓み、第2対は左側に凸となるように撓むので、可動部44は、これを貫きアクチュエータの面内に垂直なZ軸を中心として、図中時計回り方向に回転変位することになる。

このように、図6に示す構成では、収縮する変位発生部と伸長する変位発生部との位置関係がX軸に対し鏡面对称であれば、可動部は直線変位する。一方、この位置関係がZ軸について回転対称であれば、可動部は回転変位する。

上記した直線変位または回転変位において、収縮する変位発生部と伸長する変位発生部とを入れ替えると、変位発生部の撓む方向が逆となり、可動部44は図中において左側に直線変位するか、反時計回り方向に回転変位することになる。

図示例では、各対の伸縮方向を互いに平行としてあるが、各対の伸縮方向は平行である必要はなく、また、各対を構成する2本の変位発生部同士も平行である必要はなく、目的とする変位方向（図中X軸方向）に対し各変位発生部の伸縮方向が平行でなければよい。すなわち、第1対と第2対とがX軸を挟んで対向して配置されていればよく、両対間の角度および各対の両変位発生部間の角度に特に制限はない。例えば、剛性向上などのために、両対または各対の両変位発生部を平行としない構造とすることがある。

なお、図6に示す構成において、図2に示す構成と同様に、各対の一方の変位発生部を、伸縮しない梁部としてもよい。その場合でも、可動部の直線変位および回転変位が可能である。

図6に示すアクチュエータは、変位発生部の撓みを利用する点で図2に示すアクチュエータと作動原理が同じである。しかし、図6に示す構成では、可動部を対向する2方向（図中上下方向）から支持するので、面内方向および面内に垂直な方向（浮上方向）の剛性が高くなる。このため、スライダに、ディスク媒体との接触による外力や装置への衝撃による加速度が加わったときに、面内方向およびそれに垂直な方向のぶれが小さくなる。

図8に、変位発生部の伸縮に伴い、変位発生部が撓むと共に可動部が固定部に対し前記板状体の面内において直線変位するアクチュエータの構成例を示す。

同図に示すアクチュエータ4は、棒状の固定部43を有し、固定部43の内部に、可動部44と、互いに平行な2本の変位発生部からそれぞれ構成される4対の変位発生部、すなわち、第1対（変位発生部411a、411b）と、第2対（変位発生部412a、412b）と、第3対（変位発生部413a、413b）と、第4対（変位発生部414a、414b）とを有する。各対は、伸縮方向が互いに平行である。ただし、図8に示す構成においても図6に示す構成と同様に、各対の伸縮方向は平行である必要はなく、また、各対を構成する2本の変位発生部同士も平行である必要はなく、目的とする変位方向（図中X軸方向）に対し各変位発生部の伸縮方向が平行でなければよい。

図8に示すアクチュエータの面内において、可動部44を通り、変位発生部の伸縮方向に対し垂直な軸をX軸とする。X軸の一方の側（以下、図中の上側）では、第1対と第2対とが空隙を置いて可動部44を挟んで存在し、X軸の他方の側（以下、図中の下側）では、第3対と第4対とが空隙を置いて可動部44を挟んで存在する。

固定部43は、変位発生部を連結するための固定連結部431、432を有し、これらはX軸に沿って可動部44に向かって延び、空隙を置いて可動部44を挟んでいる。可動部44は、変位発生部を連結するための可動連結部441、442、443、444を有し、可動連結部441、442は、可動部44の一端部からX軸と平行に延び、可動連結部443、444は、可動部44の他端部からX軸と平行に延びている。そして、第1対は一端が固定連結部431に他端が可動連結部441に、また、第2対は一端が固定連結部432に他端が可動連結部442に、また、第3対は一端が固定連結部431に他端が可動連結部443に、また、第4対は一端が固定連結部432に他端が可動連結部444に、それぞれ連結している。

このアクチュエータの駆動に際し、各対において一方の側（以下、図中の左側）に存在する変位発生部411a、412a、413a、414aを収縮させると共に、各対において他方の側（以下、図中の右側）に存在する変位発生部411b、412b、413b、414bを伸長させると、各変位発生部は左側に

撓み、可動部 4 4 は左側に直線状に変位する。一方、収縮する変位発生部と伸長する変位発生部とを入れ替えると、変位発生部の撓む方向が逆となり、可動部 4 4 は右側に直線状に変位することになる。

なお、図 8 に示す構成において、図 2 に示す構成と同様に、各対の一方の変位発生部を、伸縮しない梁部としてもよい。その場合でも、可動部の直線変位が可能である。

可動連結部 4 4 1、4 4 2、4 4 3、4 4 4 は、図示するように面内方向における剛性が低いものとするのが好ましい。これは、変位発生部の伸縮を阻害しないためである。

図 8 に示すアクチュエータは、変位発生部の撓みを利用する点で図 6 に示すアクチュエータと作動原理が同じであるが、図 6 に示す構成よりも変位発生部の対数が多いため、剛性がより高くなり、また、駆動力も大きくなるので、より好ましい。

図 9 に、変位発生部の伸縮に伴い、変位発生部が撓むと共に可動部が固定部に対し前記板状体の面内において回転変位するアクチュエータの構成例を示す。

同図に示すアクチュエータ 4 は、棒状の固定部 4 3 を有し、固定部 4 3 の内部に、可動部 4 4 と、互いに平行な 2 本の変位発生部からそれぞれ構成される 2 対の変位発生部、すなわち、第 1 対（変位発生部 4 1 1 a、4 1 1 b）と、第 2 対（変位発生部 4 1 2 a、4 1 2 b）とを有する。各対は、伸縮方向が互いに平行である。

このアクチュエータの面内に垂直で可動部 4 4 を貫く直線を Z 軸とする。第 1 対と第 2 対とは空隙において可動部 4 4 を挟み、各対と可動部との連結部は Z 軸に対して対称の位置にあり、かつ、各対と固定部との連結部も、Z 軸に対して対称の位置にある。

なお、この構成においても、図 6 に示す構成と同様に、各対の伸縮方向は平行である必要はなく、また、各対を構成する 2 本の変位発生部同士も平行である必要はなく、各対と可動部との連結部が Z 軸を挟んで対向し、かつ、各対と固定部との連結部が Z 軸を挟んで対向していればよい。

可動部 4 4 は、変位発生部を連結するための可動連結部 4 4 1、4 4 2 を有し、これらは Z 軸を挟んで対向して存在する。可動連結部 4 4 1 および可動連結部 4 4 2 は、可動部 4 4 の一端部および他端部において変位発生部の伸縮方向と直交するようにそれぞれ延びている。そして、第 1 対は一端が固定部 4 3 に他端が可動連結部 4 4 1 に、第 2 対は一端が固定部 4 3 に他端が可動連結部 4 4 2 に、それぞれ連結している。

このアクチュエータの駆動に際し、各対において Z 軸から相対的に遠い変位発生部 4 1 1 a、4 1 2 a を収縮させると共に、Z 軸に相対的に近い変位発生部 4 1 1 b、4 1 2 b を伸長させると、各対は Z 軸から遠ざかる方向に撓むので、可動部 4 4 は Z 軸を中心として図中時計回り方向に回転変位することになる。また、収縮する変位発生部と伸長する変位発生部とを入れ替えると、変位発生部の撓む方向が逆となり、可動部 4 4 は図中反時計回り方向に回転変位することになる。

なお、図 9 に示す構成において、図 2 に示す構成と同様に、各対の一方の変位発生部を、伸縮しない梁部としてもよい。その場合でも、可動部の回転変位が可能である。

可動連結部 4 4 1、4 4 2 は、図 8 に示す可動連結部と同様な理由により、面内方向における剛性が低いものとしてある。

図 9 に示すアクチュエータは、変位発生部の撓みを利用する点で図 2 に示すアクチュエータと作動原理が同じであるが、図 9 に示す構成では、可動部を対向する 2 方向から支持し、また、変位発生部の数が多いので、剛性がより高くなる。

図 10 に、変位発生部の伸縮に伴い、変位発生部が撓むと共に可動部が固定部に対し前記板状体の面内において回転変位するアクチュエータの構成例を示す。

同図に示すアクチュエータ 4 は、棒状の固定部 4 3 を有し、固定部 4 3 の内部に、可動部 4 4 と、互いに平行な 2 本の変位発生部からそれぞれ構成される 4 対の変位発生部、すなわち、第 1 対（変位発生部 4 1 1 a、4 1 1 b）と、第 2 対（変位発生部 4 1 2 a、4 1 2 b）と、第 3 対（変位発生部 4 1 3 a、4 1 3 b）と、第 4 対（変位発生部 4 1 4 a、4 1 4 b）とを有する。各対は、第 1 対と第 3 対および第 2 対と第 4 対とがそれぞれ対向するように、90° の間隔をお

いて可動部 4 4 から放射状に延び、固定部 4 3 の固定連結部 4 3 1、4 3 2、4 3 3、4 3 4 にそれぞれ接続している。

このアクチュエータの面内に垂直で可動部 4 4 を貫く軸を、Z 軸とする。このアクチュエータの駆動に際し、Z 軸からみて各対の一方の側（Z 軸からみて図中左側）に存在する変位発生部 4 1 1 a、4 1 2 a、4 1 3 a、4 1 4 a を収縮させると共に、Z 軸からみて各対の他方の側（Z 軸からみて図中右側）に存在する変位発生部 4 1 1 b、4 1 2 b、4 1 3 b、4 1 4 b を伸長させると、各変位発生部は Z 軸からみた前記一方の側に撓み、可動部 4 4 は図中時計回り方向に回転変位する。一方、収縮する変位発生部と伸長する変位発生部とを入れ替えると、変位発生部の撓む方向が逆となり、可動部 4 4 は図中反時計回り方向に回転変位することになる。

なお、図 1 0 に示す構成において、図 2 に示す構成と同様に、各対の一方の変位発生部を、伸縮しない梁部としてもよい。その場合でも、可動部の回転変位が可能である。

固定連結部 4 3 1、4 3 2、4 3 3、4 3 4 は、図 6 に示す固定連結部 4 3 1、4 3 2 と同様に、各変位発生部の伸縮を阻害しないように撓む必要があるので、図示するように、幅が狭く面内方向における剛性が低いものとしてある。なお、固定連結部の構造は図示するものに限らず、例えば図 6 に示す固定連結部のよう、棒状の固定部にスリット状孔部を設けることにより形成したものであってもよい。

図 1 0 に示すアクチュエータの作動原理は、図 6 に示すアクチュエータにおいて可動部が回転変位する場合と同じである。すなわち、収縮する変位発生部と伸長する変位発生部との位置関係が Z 軸について回転対称であって、可動部が回転変位する構成である。しかし、図 1 0 に示す構成は、可動部を 4 方向から支持するものであり、変位発生部の数も多いため、剛性がより高くなり、また、駆動力も大きくなるので、より好ましい。

上記した各図に示すアクチュエータは、固定部が、変位発生部および可動部を包囲するようにアクチュエータの面内に延びている構造である。このように固定

部を棒状とすることにより、アクチュエータの取り扱いが容易となる。例えばピンセット等によりアクチュエータをつかむ場合、固定部の棒状部分をつかむことができるので、変位発生部の損傷を防ぐことができる。また、棒状部分を設けることにより、落下等によるアクチュエータの損傷も低減できる。また、アクチュエータを基板に固定する際の接着面積が大きくなるので、接着強度が高くなると共に接着・取り付け作業が容易となる。また、固定部は薄板状のサスペンションに連結されるので、連結部の剛性が高まるという効果も実現する。

なお、上記各構成における固定部は、変位発生部および可動部を完全に包囲する棒状体であるが、棒状としなくても変位が可能であれば、固定部を棒状としなくてもよい。例えば、必要に応じ固定部の一部に切り欠きを設けてもよく、後述する図11の構成のように、固定部に棒状部分を設けなくてもよい。

図2、図3、図4、図5、図6、図8、図9、図10にそれぞれ示すアクチュエータは、圧電・電歪材料から構成される板状体に、少なくとも2つの孔部を設けることにより、固定部43と、可動部44と、これらを接続する少なくとも2つの梁部とを一体的に形成し、少なくとも1つの梁部の少なくとも一部に、固定部43と可動部44とを結ぶ方向の伸縮が生じるように電極層を設けて変位発生部を構成したものである。そして、変位発生部の伸縮に伴い、変位発生部が撓むと共に固定部に対し可動部が前記板状体の面内において弧状変位または回転変位または直線変位するものである。

アクチュエータをスライダ側面に配置する構成

図11に示すアクチュエータは、固定部43と可動部44とを連結する2本の棒状の変位発生部41を有するものであり、可動部44の側面とスライダ2の側面とを接着したものである。このアクチュエータは、固定部43を棒状としなかったほかは図2に示すアクチュエータと同様な構成である。

図12に示す構成は、固定部43から延びる2本の棒状の変位発生部41の先にそれぞれ可動部44を設けたアクチュエータを用い、両変位発生部間にスライダ2が挟まれるように、各可動部44とスライダ2の対向する一对の側面のそれぞれとを連結したものである。この構成は、図2の構成と同様に変位発生部の撓

み変位を利用するものであり、電磁変換素子1の変位は弧状変位となる。

アクチュエータをスライダ側面に配置する構成では、図示例のようにスライダより薄いアクチュエータを用いることにより、磁気ヘッドの厚さ増加がなくなると共に、アクチュエータがディスク媒体に接触する心配もなくなる。

なお、アクチュエータがスライダと同じ厚さかそれより厚い場合であっても、アクチュエータをスライダ側面に配置する構成とすれば、例えば図13に示すように、スライダ2とアクチュエータ4とが厚さ方向で重なる寸法Aだけ、磁気ヘッドの厚さ増加を抑えることができる。

図11および図12にそれぞれ示すアクチュエータも、圧電・電歪材料からなる板状体に孔部や切り欠きを設けることにより、固定部43と、可動部44と、変位発生部41を有する梁部とを一体的に形成したものである。

スライダに設けた段差によって形成された空間にアクチュエータを配置する構成

図14では、直方体状のスライダ2の背面に、電磁変換素子1形成部分を残すように切削等により段差を設け、この段差によって形成された空間21にアクチュエータ4を配置している。この構成では、アクチュエータを設けることによる磁気ヘッドの厚さ増加が抑制でき、また、スライダの質量が減少する。

図15では、スライダ2の背面に段差を2箇所設けることにより、スライダ2背面のほぼ中央部に溝状の空間21を形成しており、この空間にアクチュエータ4を配置している。この構成では、図14の構成における効果に加え、スライダ質量バランスが良好となるので、変位特性にとってより好ましい。

なお、図14および図15では、図2に示す構成のアクチュエータを利用する例を挙げているが、他の構成のアクチュエータを用いてもよいことは勿論である。

スライダとアクチュエータとがサスペンションを挟んで配置される構成

VCMで磁気ヘッドを揺動させて位置決め動作を行う場合、サスペンションの上面と下面とで質量のアンバランスがあると、ねじれやモーメントの発生によりスライダの安定した動きが阻害される。図16に示す磁気ヘッドでは、サスペンション3の上面にアクチュエータ4が、サスペンション3の下面にスライダ2が配置されているので、前記アンバランスが改善され、スライダ2の安定した動き

が可能となる。この構成において、アクチュエータ 4 とスライダ 2 とをほぼ同じ質量とすれば、図 17 に示すように、サスペンション 3 の面の延長線付近に、スライダ 2 とアクチュエータ 4 とからなる構造体の重心 G がくることになるため、前記アンバランスはほぼ解消される。この構成は、図示例以外のアクチュエータにも適用可能である。

なお、図示例では、スライダ 2 とアクチュエータ 4 との間にサスペンション 3 を配置する空隙を設けるために、スライダ 2 の背面に突起状の連結部 2 a を一体的に形成し、この連結部 2 a をアクチュエータ 4 に接着する構成としている。一般的には、このような突起を設けたり、図 14 に示すようにスライダ 2 の背面に切り欠きを設けたりすることにより、スライダと連結部とを一体的に形成する構成とすることが好ましい。ただし、連結部 2 a と同様な形状の独立した連結材を用いてスライダとアクチュエータとを連結する構成としてもよい。また、図示するような連結部材をアクチュエータに一体的に形成する構成としてもよい。また、後述する図 21 のように、サスペンションの一部を連結材として利用する構成としてもよい。

サスペンションのジンバル部にアクチュエータが連結される構成

通常、サスペンションの先端付近には、ディスク媒体面の変動にスライダが追従できるように、フレキシャーなどのジンバル機構が設けられている。ジンバル機構を有する磁気ヘッドに本発明を適用する場合の構成例を図 18 A、図 19 A、図 20 A、図 21 に示す。

図 18 A に平面図を、図 18 B に側面図を示す構成は、フレキシャー 31 を連結してジンバル部とした従来のサスペンション 3 を用いた例である。また、図 19 A に平面図を、図 19 B に側面図を示す構成、および図 20 A に平面図を、図 20 B に側面図を示す構成は、サスペンション 3 にエッチング等により打ち抜き溝を設けてジンバル部 32 とした例である。いずれの場合も、アクチュエータ 4 はジンバル機能を阻害しないようにサスペンション 3 のジンバル部に連結されている。このような構成とすることにより、ディスク媒体面への追従によるねじれや応力などをジンバル部が吸収して、アクチュエータには不要な外力がかからな

くなり、変位性能、信頼性を阻害しない。図示するジンバル部のうちでは、スライダ2の変位・駆動方向の剛性が高いことから、図19Aに示す構成および図20Aに示す構成が好ましく、図20Aに示す構成がより好ましい。図19Aおよび図20Aにそれぞれ示すジンバル部を有するサスペンションを用いる場合、サスペンションを挟んでスライダとアクチュエータとを配置する構成とすることが可能である。

図21に示す構成は、サスペンション3のジンバル部32を挟んでスライダ2とアクチュエータ4とを配置する例である。このジンバル部32は、サスペンション3に打ち抜き溝を設けることにより形成したものである。ジンバル部32には、打ち抜き溝を設けることによりT字型の連結部を形成してある。この連結部は、T字の縦バーに相当しジンバル部32と連続する支持部32aと、T字の横バーに相当する連結部32bとから構成される。連結部32bは、表面側にアクチュエータ4の可動部44が接着され、裏面側にスライダ2が接着される。支持部32aは、可動部44の変位を妨げないように剛性を低くしてある。この構成における連結部32bは、可動部44とスライダ2とに接着された状態では剛体とみなせるため、本発明の効果は損なわれない。

なお、連結部32bを、支持部32aによりジンバル部32に接続する必要はない。すなわち、図16に示す構成の連結部2aのように、アクチュエータ4とスライダ2との間に連結部32bだけを設ける構成としてもよい。

本発明において、アクチュエータおよび／または電磁変換素子への配線は、サスペンションに導体パターンを設けることにより行うことが好ましい。図21では、電磁変換素子1に接続される4本の配線パターン33を、サスペンション下面に形成した場合を示している。

変位量を増幅する構成

逆圧電効果または電歪効果により発生する変位量（変位発生部の収缩量）は極めて小さい。しかし、本発明において、変位発生部の撓みを利用して可動部を変位させる場合、変位発生部の伸缩量よりも、スライダとアクチュエータとの連結部（アクチュエータの可動部）の変位量を大きくすることが可能である。すなわ

ち、アクチュエータ自体に変位拡大機能をもたせることが可能である。また、本発明において、可動部が弧状変位または回転変位する場合、可動部と電磁変換素子との位置関係を適当なものとするにより、電磁変換素子の変位を機械的に拡大する構造とすることができる。これらによって変位を拡大することにより、本発明では電磁変換素子の変位量を実用的なものとする事ができる。

アクチュエータ自体が変位拡大機能を有する例としては、例えば図2、図4、図5、図6、図8、図9、図11、図12などに示す構成が挙げられる。

図22Aに示すアクチュエータ4は、アクチュエータ自体が変位拡大機能を有する構成の例である。図22Aは平面図であり、その側面図は図22Bに示してある。同図のアクチュエータ4は、図2のアクチュエータと同様に、梁部の撓みにより可動部44が弧状変位するものである。このアクチュエータ4において、一方の変位発生部41だけが収縮し、その収縮量をAとすると、スライダとの連結部である可動部44の変位量Bを収縮量Aよりも大きくすることができる。なお、可動部44の変位量と電磁変換素子1の変位量とは、ほぼ同じである。例えば、変位発生部が、長さ1mm、幅0.1mm、厚さ0.2mmであり、両変位発生部間のスリット状孔部の幅が0.1mmであり、変位発生部の収縮量が約0.2 μ mであるとき、可動部の変位量（変位発生部の長さ方向と直交する方向の変位量）は約0.5 μ mとなるので、変位拡大率は約2.5倍である。図中の矢印は、変位発生部41の収縮方向と可動部44の変位方向とを示す。

なお、例えば図4に示すような可動部が回転変位する構成において、可動部の変位量が変位発生部の伸縮量よりも大きいとは、変位発生部との連結部付近における可動部の変位量が、変位発生部の伸縮量よりも大きいという意味である。

可動部が弧状変位または回転変位し、変位量の機械的な拡大が可能な例、あるいは変位量が機械的に拡大されている例としては、図2、図3、図4、図5、図6（回転変位させる場合）、図9、図10、図11、図12などに示す構成が挙げられる。可動部が弧状変位ないし回転変位する場合、電磁変換素子は可動部の変位と同心的に弧状変位する。可動部の弧状変位ないし回転変位の回転半径よりも電磁変換素子の弧状変位の回転半径が大きくなるようにスライダと可動部とを

連結すれば、スライダと可動部との連結部の変位量よりも電磁変換素子の変位量を大きくすることができる。図23Aは、可動部44とスライダ2との連結部が、図22Aにおける連結部よりも電磁変換素子1から離れた位置にある構成の平面図であり、その側面図は図23Bに示してある。図示するように、弧状変位の中心からの電磁変換素子1の距離を可動部44のそれよりも大きくすることにより、電磁変換素子1の変位量Cを、可動部44の変位量Bよりも大きくできる。アクチュエータの寸法を図22Aの説明におけるものと同じとすると、例えば、可動部44とスライダ2との連結部の位置を電磁変換素子1から0.5mm遠ざけることにより、変位量Cは変位量Bの約1.5倍となる。

アクチュエータの詳細

図24に示すアクチュエータは、図2と同様な構成のアクチュエータの枠状の固定部43内にある2つの孔部に、アクチュエータの面内からはみ出さないように柔軟性充填材46を充填したものである。

図示例のように孔部に柔軟性充填材を充填することにより、制振効果が得られ、共振や外部からの有害振動の影響が抑制される。また、柔軟性充填材がアクチュエータ各部をブリッジすることになるため、アクチュエータの機械的強度や耐衝撃性が向上する。

図24は、電極層が変位発生部41内部に存在する構成である。この構成では、変位発生部41の両側面に電極層の端面が露出するが、柔軟性充填材は前記両側面を被覆することになるため、電極層の腐食を抑制することができる。柔軟性充填材は非電食性であることが好ましい。

なお、柔軟性充填材を、アクチュエータの孔部の一方だけに充填する構成としてもよい。

この構成では、柔軟性充填材をアクチュエータの面内からはみ出さないように孔部に充填するので、充填量を一定に保つことができ、充填量のばらつきによる性能のばらつきを抑えることができる。また、充填によるアクチュエータの厚さ増加もない。

この構成において用いる柔軟性充填材の種類、その硬度および充填量は特に限

定されず、可動部の変位に与える影響が少なく、かつ制振性、強度向上、耐衝撃性向上が実現し得るように適宜選択すればよいが、好ましくは、柔軟性を有する非電食性の樹脂、例えばシリコン樹脂やウレタン樹脂等を柔軟性充填材として用いる。

なお、柔軟性充填材を設けない場合、あるいは柔軟性充填材に被覆されていない各部側面に電極層が露出している場合、電極層の腐食を防ぐために、前記各部側面に被覆層を設けてもよい。

図2などに示すような面内方向撓みを利用するアクチュエータでは、固定部と可動部とを結ぶ方向に対し垂直な断面における梁部の幅を、その厚さより小さく構成することが好ましい。これにより、アクチュエータの面内方向における梁部の剛性が厚さ方向の剛性よりも小さくなる。このため、変位発生部41の伸縮によって発生する梁部の撓みがアクチュエータの面内方向に集中することになり、あおり等の不要な変位の発生を抑制できる。梁部の厚さに対する幅の比率は特に限定されないが、好ましくは $1/2 \sim 1/5$ 程度である。

上記効果は、幅を厚さより小さくする構成を少なくとも1つの梁部について適用すれば実現する。ただし、この構成をすべての梁部に適用することにより、さらに高い効果が得られる。また、対称性の点からもすべての梁部にこの構成を適用することが好ましい。

なお、例えば図2の構成では、固定部43と可動部44とを結ぶ2本の梁部の間隔（梁部の中心線間の距離）が狭いほど、変位発生部の単位伸縮量あたりの梁部の撓み量は大きくなり、その結果、前記単位伸縮量あたりの可動部44の変位量が大きくなる。また、一定の変位量を得るために必要な駆動電圧は、前記2本の梁部の間隔が狭いほど低くなる。そして、前記2本の梁部の間隔は梁部の幅が小さいほど狭くできる。このため、梁部の幅をその厚さより小さくする構成は、変位量の増大や駆動電圧の低減の点においても有効である。

図2、図3、図6、図8、図10、図11、図12にそれぞれ示す各アクチュエータは、面内に対称軸（例えば図2では、2本の変位発生部間にあるスリット状孔部の中央を、孔部長手方向に貫くX軸）が存在する。このため、アクチュエ

一タの表裏を反転しても使用できるので、アクチュエータの磁気ヘッドへの取り付け作業が容易となる。

また、図4、図5、図6、図9、図10にそれぞれ示す各アクチュエータは、面内に対し垂直でかつ可動部44の中央を通る対称軸（図中のZ軸）について回転対称形状（例えば図4では2回回転対称、図5では4回回転対称）であり、前記対称軸は可動部44の回転運動の中心軸と一致する。このため、磁気ヘッドへの取り付けの際には、回転運動の中心軸とスライダの所定の回転中心位置とを一致させるだけでよく、アクチュエータの面内取り付け角度は制限されないので、取り付け作業がさらに容易となる。

上述した各図示例は、上述したように変位発生部の圧電横効果による伸縮を利用する構成であるが、本発明では、電界の方向と一致する方向の伸縮、すなわち、いわゆる圧電縦効果による伸縮を利用する構成としてもよい。圧電縦効果を利用する場合、変位発生部に、固定部と可動部とを結ぶ方向と垂直になるように電極層を設ける。ただし、圧電横効果を利用する構成のほうが製造が容易であり、また、アクチュエータの機械的強度が高くなる利点もあるので、好ましい。

アクチュエータの各部の寸法は特に限定されず、適用される磁気ヘッドの構成などに応じて適当に設定すればよいが、アクチュエータを板状体の加工物として考えると、通常、この板状体の一边は0.5～3.0mm程度、厚さは0.1～0.5mm程度である。また、変位発生部の長さは0.3～2.5mm程度である。変位量は、板状体の面内方向の移動距離で0.01～5μm程度、回転角度で0.05～2°程度である。また、駆動電圧は、通常、3～100V程度、好ましくは3～50V程度である。

本明細書において圧電・電歪材料とは、逆圧電効果または電歪効果により伸縮する材料を意味する。本発明に用いる圧電・電歪材料は、上述したようなアクチュエータの変位発生部に適用可能な材料であれば何であってもよいが、剛性が高いことから、通常、PZT [Pb (Zr, Ti) O₃]、PT (PbTiO₃)、PLZT [(Pb, La) (Zr, Ti) O₃]、チタン酸バリウム (BaTiO₃) 等のセラミックス圧電・電歪材料が好ましい。アクチュエータをセラミッ

クス圧電・電歪材料から構成する場合、シート法や印刷法等の厚膜法を用いて容易に製造できる。なお、アクチュエータは、薄膜法により作製することもできる。圧電・電歪材料が結晶構造を有する場合、多結晶体であっても単結晶体であってもよい。

電極層の形成方法は特に限定されず、圧電・電歪材料層の形成方法を考慮して、導電性ペーストの焼成や、スパッタ、蒸着等の各種方法から適宜選択すればよい。

アクチュエータは、変位発生部に、両側を電極層に挟まれた圧電・電歪材料層が少なくとも1層存在する構成であればよいが、好ましくは、このような圧電・電歪材料層が2層以上積層された積層型のものであることが好ましい。圧電・電歪材料層の伸縮量は電界強度に比例するが、上記積層型とすれば、圧電・電歪材料層が薄くなるので、必要な電界強度が低電圧で得られるようになり、駆動電圧を低減できる。また、単層構造の場合と同じ駆動電圧とすれば、より大きな伸縮量が得られる。圧電・電歪材料層の厚さは特に限定されず、駆動電圧や、必要とされる伸縮量、製造しやすさ等の各種条件に応じて適宜決定すればよいが、通常、 $5 \sim 50 \mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。圧電・電歪材料層の積層数の上限は特になく、目的とする厚さの変位発生部が得られるように適宜決定すればよい。なお、最も外側にある電極層のさらに外側には、通常、後述するカバー部としての圧電・電歪材料層が設けられる。

上記図示例では、変位発生部の領域を示すために電極層の形状を単純化して表しているが、実際には、例えば図25Aに示すような構造の内部電極層を設け、さらに、図25Bに示すように、これらの内部電極層に接続される端子電極を設ける。

図25Aには、アクチュエータ中において隣り合っている圧電・電歪材料層201、202が示されている。圧電・電歪材料層201の表面には内部電極層G₁が、圧電・電歪材料層202の表面には内部電極層A₁および内部電極層B₁が形成されている。内部電極層G₁と内部電極層A₁との組み合わせおよび内部電極層G₁と内部電極層B₁との組み合わせが、それぞれ圧電・電歪材料層を挟む一対の電極層となる。この構成では、内部電極層A₁および内部電極層B₁について、

内部電極層 G₁ に対するそれぞれの電位および電圧印加のタイミングを制御して、上述した様々なパターンで変位を生じさせる。

図 2 5 B は、図 2 5 A に示す内部電極層を設けた場合の端子電極の構成例である。この例では、固定部 4 3 側面に露出した内部電極層 G₁、A₁、B₁それぞれの端面と接続する端子電極 G₀、A₀、B₀が、固定部 4 3 の側面に形成されている。

アクチュエータは、圧電・電歪材料、電極層、柔軟性充填材などだけから構成されていてもよいが、さらに、弾性板や制振シールを張り付けたりすることなどにより、アクチュエータとしての性能や耐久性を向上させることもできる。

製造方法

以下、本発明で用いるアクチュエータの製造方法の具体例として、セラミックス圧電・電歪材料を用いる場合について説明する。

セラミックス圧電・電歪材料の板状体の作製には、積層セラミックチップコンデンサなどと同様に、シート法や印刷法等の厚膜法を用いることが好ましい。ここでは、シート法の概略について説明する。まず、セラミックス粉末材料、バインダ、溶剤等を混練してペーストを調製し、これを成形してグリーンシートを作製する。また、導電性材料、バインダ、溶剤等を混練して内部電極層ペーストを調製しておく。次に、グリーンシート上に例えば図 2 5 A に示すような所定のパターンとなるように内部電極層ペーストを印刷した後、これを所定数積層し、圧着して積層体を得る。この積層体を焼成し、薄板状焼結体を得る。この薄板状焼結体に、次に説明する形状加工を施してもよいが、この薄板状焼結体を適当な寸法に切断した後、形状加工を行ってもよい。

次に、薄板状焼結体に、孔部や切り欠きを設ける形状加工を施す。薄板状焼結体からは、通常、複数のアクチュエータを切り出すが、この切り出しも形状加工の際に同時に行う。形状加工に際しては、まず、薄板状焼結体の全面にフォトリジスト層を形成する。次いで、パターン露光を行った後、現像し、隣接するアクチュエータとの境界部や、孔部、切り欠きに対応する領域のフォトリジストを除去する。次いで、フォトリジストに被覆されていない領域をサンドブラスト加工

により除去して、複数のアクチュエータを切り出すと共に目的とする形状のアクチュエータを得る。形状加工後、フォトレジストを除去し、必要に応じて端子電極を形成する。端子電極は、焼き付け、蒸着等の通常の方法により形成すればよい。

形状加工には、超音波ホーンを用いることもできる。超音波ホーン加工では、通常、砥粒分散液に被加工物を浸漬した状態で、超音波ホーンにより形状加工を行う。

なお、形状加工は、焼成前に行うこともできる。

一般に、圧電材料は分極処理により変位性能が向上するので、本発明でも上述したように分極処理を施すことが好ましい。通常、分極処理は、アクチュエータ形成後、その電極層を利用して直流電圧を印加することにより行うが、上述した薄板状焼結体の段階で行ってもよい。

アクチュエータとサスペンションおよびスライダとの連結には、通常、接着剤を用いるが、この接着剤は、アクチュエータの振動等による位置ずれを防ぐために、接着後の硬度が高いものが好ましい。このような接着剤としては、例えばエポキシ系接着剤が挙げられる。

アクチュエータ試作例

圧電・電歪材料としてPZT（圧電定数 $d_{31} = -250 \times 10^{-12} \text{m/V}$ ）を用い、上述した厚膜法を利用して、図2に示す構造のアクチュエータを作製した。

圧電・電歪材料層は厚さ $20 \mu\text{m}$ とし、両側を電極層に挟まれた8層と、カバー部となる上下の各1層との10層積層体（全厚 0.2mm ）とした。変位発生部は、長さ 1mm 、幅 0.1mm 、厚さ 0.2mm とし、両変位発生部間のスリット状孔部の幅は 0.1mm とし、変位発生部には分極処理を施した。

このアクチュエータに対し、分極の向きと同じ向きに 20V の電圧を印加したとき、変位発生部の収缩量は約 $0.2 \mu\text{m}$ であり、その際の可動部の変位量（変位発生部の長さ方向と直交する方向の変位量）は約 $0.5 \mu\text{m}$ であった。そして、両変位発生部に前記電圧を交互に印加したところ、可動部の変位量は約 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ であった。

磁気ヘッド位置決め機構における駆動制御方法

次に、図 2 6 に示すような構造の磁気ヘッドを駆動する際の好ましい制御方法について、説明する。ここで説明する駆動制御方法は、アクチュエータ全体が圧電・電歪材料から一体的に構成される本発明の磁気ヘッドに好ましく適用されるものであるが、個別に製造した固定部、可動部および変位発生部を組み立てた構造のアクチュエータや、このような組立構造であって、かつ固定部や可動部が圧電・電歪材料以外のもので構成されているアクチュエータを有する磁気ヘッドにも、適用可能である。

図 2 6 に示す磁気ヘッドは、図 2 に示す磁気ヘッドと同様な構成である。なお、図 2 6 では、アクチュエータ 4 の電極層の図示は省略してある。

図 2 6 の構成では、電磁変換素子 1 の位置決め修正を行うために、電磁変換素子 1 によってディスク媒体から再生されたトラック位置信号に基づき、ヘッド位置決め制御回路 7 において粗動を行うための制御信号と微動を行うための制御信号とが演算処理により生成され、増幅器 8 1、8 2、8 3 で増幅されて、アクチュエータ 4 の変位発生部 4 1 1、4 1 2、および VCM（図示せず）に駆動電圧および駆動電流として印加される。この駆動電圧により変位発生部は伸長または収縮し、その結果、前述したように電磁変換素子はアクチュエータ 4 の面内方向で、すなわち図中 XY 平面内で、すなわちディスク媒体表面に平行に、弧状変位する。

しかし、実際には、電磁変換素子の変位は、アクチュエータ 4 の面内に垂直にも、すなわち浮上方向（Z 軸方向）にも生じる場合がある。このような浮上方向の変位は、電磁変換素子の位置決め時にアクチュエータ 4 を動作させた際に 2 次的に発生するものである。浮上方向の変位は浮上量変動することを意味し、ヘッドクラッシュにつながるため、浮上方向の変位を抑制することは重要である。

上述したように、本発明では、厚膜法によりセラミックス圧電・電歪材料の板状体を作製し、これを焼成した後、切り欠きや孔部を形成することによりアクチュエータを作製することが好ましく、このように板状体の形状加工により作製した場合には、組立誤差は生じない。しかし、このようにして作製したアクチュエ

ータにも、変位発生部の形状や材質に、ばらつきや変位発生部の伸縮方向に対し垂直な方向の非対称性などが存在する場合があります、このようなばらつきや非対称性などが存在すると、変位発生部が伸縮したときに、目的とする方向以外の変位が発生することがある。例えば、サンドブラスト加工中に、フォトレジストが次第に細ってくことや、吹き付け時間、吹き付け角度、圧電・電歪材料層と上記カバー部との間の硬度の違いなどに起因して、変位発生部の側面を積層面に対し完全に垂直となるように加工することは困難である。図27は、図26の変位発生部411、412を含むX-Z平面での断面図例であり、サンドブラスト加工で+Zの向きに吹き付けを行った結果、フォトレジストが次第に細ってしまい、これにより、変位発生部411、412および固定部43の各断面が台形となってしまう例を示している。

図27における変位発生部411、412は、両側に電極層が存在する圧電・電歪材料層からなる変位部411-1、412-1と、変位部411-1を挟む一対のカバー部411-2、411-3と、変位部412-1を挟む一対のカバー部412-2、412-3とから構成される。各変位発生部における一対のカバー部(411-2と411-3、412-2と412-3)は、厚さは同じであるが、サンドブラスト処理によって幅が異なるものとなっている。このような変位発生部に電圧を印加して伸縮させると、変位部を挟む上下のカバー部の幅が異なるため、積層方向にも変位が発生してしまう。変位発生部411、412が図27に示すような断面形状であるとき、図26の構成においてどちらか一方の変位発生部を収縮させると、電磁変換素子1は図中の矢印方向へ変位するとともに、-Zの向き、すなわち浮上方向にも変位してしまう。

浮上方向の変位を説明するため、変位発生部へ電圧を印加していないときの電磁変換素子1の位置を0とし、変位発生部への電圧印加により電磁変換素子1を図26のX軸方向へ+L1から-L2へ変位させ、これを連続して行う場合を考える。このときの電磁変換素子1のX軸方向への変位と時刻との関係を図28に示す。

図28に示すようなX方向の変位を電磁変換素子1に発生させるため、各変位

発生部へ電圧を交互に印加する場合を考える。この場合、変位発生部 4 1 1 には、図 2 9 A のような時間的变化を示す電圧を印加する必要がある。一方、変位発生部 4 1 2 には、図 2 9 B のような時間的变化を示す電圧を印加する必要がある。なお、印加電圧は、変位発生部の分極の向きと等しい向きのものをプラスとしてある。変位発生部 4 1 1 へ電圧 V_1 を印加すると電磁変換素子 1 は X 軸方向へ $+L_1$ の変位をし、変位発生部 4 1 2 へ電圧 V_1 を印加すると電磁変換素子 1 は X 軸方向へ $-L_2$ の変位をする。よって、変位発生部 4 1 1 と 4 1 2 とが交互に収縮することで、電磁変換素子 1 は X 軸方向において $+L_1$ から $-L_2$ への変位を発生する。

次に、浮上方向である Z 軸方向の変位を、2 つの変位発生部それぞれについて考える。変位発生部 4 1 1 に印加する電圧の時間的变化は、図 2 9 A に示すものであり、この電圧に基づいて変位部 4 1 1 - 1 は収縮する。一方、この変位部を挟む両カパー部は、電極層に挟まれていないため電圧が印加されないので、圧電・電歪材料層から構成されていたとしても収縮はしない。しかし、カパー部は変位部と密着しているため、変位部の収縮に伴って変形する。図 2 7 に示すカパー部 4 1 1 - 3 は、相対的に幅が広いカパー部 4 1 1 - 2 よりも変形しやすい。したがって、変位部 4 1 1 - 1 の収縮にともない、可動部 4 4 は $+X$ の向きに変位すると共に $-Z$ の向きにも変位し、結果として電磁変換素子 1 は $-Z$ の向きにも変位してしまう。図 2 9 A に示す印加電圧に対応する電磁変換素子 1 の Z 軸方向変位の時間的变化は、例えば図 2 9 C に示すグラフのようになる。このグラフでは、 $-Z$ の向きの変位の最大値を Z_1 としている。変位部を挟む上下のカパー部の幅の差が小さければ Z_1 は小さくなり、逆に差が大きければ Z_1 も大きくなる。

同様に変位発生部 4 1 2 に図 2 9 B に示す電圧を印加したときの電磁変換素子 1 の Z 軸方向変位の時間的变化は、図 2 9 D に示すグラフのようになる。ここで、例えば一方の変位発生部 4 1 2 におけるカパー部 4 1 2 - 2 と 4 1 2 - 3 との幅の差が、他方の変位発生部 4 1 1 におけるカパー部 4 1 1 - 2 と 4 1 1 - 3 との幅の差より小さい場合、 $-Z$ の向きの変位の最大値 Z_2 は、前記 Z_1 より小さく

なる。

したがって、変位発生部 4 1 1 に図 2 9 A に示す電圧を印加し、かつ、変位発生部 4 1 2 に図 2 9 B に示す電圧を印加したとき、電磁変換素子 1 の Z 軸方向変位の時間的変化は、図 2 9 C と図 2 9 D とを合わせたもの、すなわち、図 2 9 E に示すものとなる。図示するように、Z 軸方向変位の変動幅の最大値は、Z 1 となる。

以上説明したように、変位発生部が、電圧印加により伸縮する変位部と、この変位部を挟む一対のカバー部とを有し、変位部とカバー部とがディスク媒体面内に垂直な方向に積層されている構造である場合、変位発生部に電圧を印加して伸縮させると、前記垂直な方向、すなわち浮上方向にも変位が発生し、しかも、それが変動することになる。このため、記録再生特性が悪化するうえ、変動幅が大きいときにはヘッドクラッシュの危険性がある。

次に、このような浮上方向の変位の変動幅を抑制することが可能な駆動制御方法を説明する。

図 2 6、図 2 7 の構成において、電磁変換素子 1 の X 軸方向変位の時間的変化を図 2 8 に示すものとするためには、電磁変換素子 1 の X 軸方向の変位が変位発生部 4 1 1 と 4 1 2 への印加電圧の差であられることに着目すると、変位発生部 4 1 1 への印加電圧の時間的変化を図 3 0 A に示すものとし、かつ、変位発生部 4 1 2 への印加電圧の時間的変化を図 3 0 B に示すものとすればよい。変位発生部 4 1 1 に印加される電圧は、直流バイアス電圧 V_{b1} に変位量を制御するための電圧（以下、制御電圧という）を加算したものであり、一方、変位発生部 4 1 2 に印加される電圧は、直流バイアス電圧 V_{b2} に制御電圧を加算したものである。図 3 0 A および図 3 0 B では、変位発生部 4 1 1 において加算される制御電圧と、変位発生部 4 1 2 において加算される制御電圧とを、常に絶対値が同じで符号が逆となるように設定してある。すなわち、変位発生部 4 1 1 に印加される電圧と変位発生部 4 1 2 に印加される電圧との和、すなわち変位発生部に印加される電圧の総和を、常に一定値（ $V_{b1} + V_{b2}$ ）としてある。

なお、直流バイアス電圧は、前述したように変位発生部の分極減衰を防ぐため

のものである。

次に、浮上方向であるZ軸方向の変位を、先の例と同様に、2つの変位発生部それぞれで考える。図30Aおよび図30Bに示すような電圧を、変位発生部411および412にそれぞれ印加して個別に駆動した際の電磁変換素子1の浮上方向変位の時間的変化は、それぞれ図30Cと図30Dとになる。Z軸方向の変位の変動の中心値は直流バイアス電圧による変位量 $Zb1$ 、 $Zb2$ だけシフトし、 $-Zb1$ 、 $-Zb2$ となる。各変位発生部のZ軸方向変位の変動幅は、制御電圧の振幅の2倍である $V1$ に対応してそれぞれ $Z1$ と $Z2$ とになる。

したがって、変位発生部411に図30Aに示す電圧を印加し、かつ、変位発生部412に図30Bに示す電圧を印加したとき、電磁変換素子1のZ軸方向変位の時間的変化は、図30Cと図30Dとを合わせたもの、すなわち、図30Eに示すものとなる。図30Cと図30Dとにそれぞれ示す変位の変動は制御電圧だけによるものであり、制御電圧による変位は逆相の関係にあるため相殺しあうので、図30Eにおける変位の変動幅は $Z1$ と $Z2$ との差分となる。変位の振幅 $Z1/2$ と $Z2/2$ とが等しい場合は、変動幅は0となる。また、変位変動の中心値は直流バイアス電圧によって発生する各変位 $-Zb1$ と $-Zb2$ との和となる。直流バイアス電圧 $Vb1$ と $Vb2$ とは等しくなくてもよく、また、少なくとも一方がゼロまたは負電圧であってもかまわないが、その場合でも、先に述べた分極減衰を防止できるような電圧とすることが好ましい。

以上説明したように、変位発生部411に電圧を印加したときと変位発生部412に電圧を印加したときとで電磁変換素子1のZ軸方向の変位の向きが等しい場合、変位発生部に印加する電圧の総和を一定に保つことにより、電磁変換素子1のZ軸方向変位の変動幅を抑制することができる。

なお、以上の説明における電磁変換素子のZ軸方向変位は、両変位発生部でZ軸方向の変位量が異なる場合に可動部にねじれが生じないことを前提にしたものである。実際、板状体を形状加工することにより製造したアクチュエータでは、両変位発生部でZ軸方向変位量が異なる場合でも可動部にねじれはほとんど生じない。ただし、可動部にこのようなねじれが生じる場合でも、上記駆動制御方法

の効果は実現する。可動部のねじれの影響を軽減するためには、図 2 6 に示すように電磁変換素子 1 をスライダ 2 側面のほぼ中央に設ける構成とすることが好ましい。

また、以上の説明は、図 2 7 に示す断面形状のアクチュエータを用いた場合について、すなわち、電磁変換素子 1 の Z 軸方向（浮上方向）変位が -Z の向きとなる場合についてのものであるが、例えば、サンドブラスト加工の吹き付け方向を -Z の向きにした場合は、変位発生部断面の台形形状が図 2 7 とは逆になるため、電磁変換素子の Z 軸方向変位は +Z の向きとなる。ただし、その場合でも、上記駆動制御方法を用いることにより Z 軸方向変位の変動を抑制できることは同様であり、変動の向きが異なるだけである。

ここまでの例では、図 2 8 に示すように、電磁変換素子 1 を一定の振幅かつ一定の周期で X 軸方向へ変位（揺動）させることを前提としたが、上記駆動制御方法を利用する場合に振幅や周期を一定とする必要はない。実際の HDD では、電磁変換素子がディスク状媒体の所定の記録再生トラックに追従するように変位するので、変位の振幅および周期は一定とはならない。

上記駆動制御方法では、各直流バイアス電圧 V_{b1} 、 V_{b2} に、絶対値が同じで符号が逆の制御電圧を加算して駆動電圧を生成する必要があるが、このような駆動電圧は、位置決め制御回路 7 および増幅器 8 によって容易に生成できる。また、上記駆動制御方法では、1 つの制御信号を演算処理すればよいので、位置決め制御回路 7 にかかる負荷を軽減できるという利点もある。

また、例えば、変位発生部が 2 つより多いアクチュエータを用いる場合でも、上記駆動制御方法は有効である。図 3 1 は変位発生部を 4 つ有する例である。動作を考えるには、先の変位発生部 4 1 1 が 4 1 1 1 と 4 1 1 2 に、変位発生部 4 1 2 が 4 1 2 1 と 4 1 2 2 に、それぞれ 2 つに分割されたと考えればよい。まず形状の対称性から、変位発生部 4 1 1 1 と 4 1 2 1 とを一方のペアとして組み合わせ、変位発生部 4 1 1 2 と 4 1 2 2 とを他方のペアとして組み合わせ、各ペアに対して変位発生部が 2 つの場合と同様に考える。各ペアへの印加電圧の和がどの時刻においても一定であるため、変位発生部への印加電圧の総和もどの時刻に

おいても一定となる。

変位発生部が2つより多い場合、各変位発生部への印加電圧は異なってもよい。ただし、この場合にも、電磁変換素子1の浮上方向の変位の変動を抑制するには、各変位発生部に印加される電圧の総和をどの時刻においても一定とすることが必要である。各変位発生部において印加される電圧が、直流バイアス電圧に制御電圧を加算したものであると考えたとき、前記制御電圧の総和はゼロとなる。

変位発生部の数は、図示するような2または4などの偶数に限らず、奇数であってもよい。

上記説明は、変位発生部411、412に同極性の電圧を印加したときに、変位発生部の伸縮方向に対し垂直な方向（上記Z軸方向）に生じる変位の向きが同じである場合についてのものであり、この場合に上記駆動制御方法は最も効果が高くなる。したがって、変位発生部にZ軸方向変位が発生することが避けられないのであれば、少なくとも各変位発生部のZ軸方向変位が同じ向きとなるように、アクチュエータを製造することが好ましい。前述した方法によりアクチュエータを製造する場合、変位発生部のZ軸方向の変位をなくすことは困難であるが、Z軸方向の変位の向きを管理すること（両変位発生部のZ軸方向の変位の向きを同じにすること）は容易である。すなわち、先に述べたように、サンドブラスト加工により板状体を形状加工して図26に示すアクチュエータ4を作製する際に、各変位発生部に対する吹き付けの向きを同じにすれば、両変位発生部はほぼ同形状で同特性となるので、上記駆動制御方法が最も効果的に機能することになる。また、各変位発生部を個別に作製し、これらをそれぞれ固定部43と可動部44とに接着などによって連結する場合には、取り付け方向を管理すれば、同様に上記駆動制御方法を効果的に機能させることができる。

以上では、図26に示す構造の磁気ヘッドについて説明したが、上記駆動制御方法は、例えば図3、図6、図8、図9、図10、図11、図12にそれぞれ示す構成のアクチュエータにも適用可能である。

なお、図26に示す構成において、変位発生部411、412に同極性の電圧を印加したときに変位発生部のZ軸方向に生じる変位の向きが逆である場合でも、

Z軸方向の変位の変動幅は、上記駆動制御方法を用いることによって大きくなることはない。Z軸方向の変位の向きが逆となるのは、例えば、先に述べたサンドブラスト加工の際に、吹き付けの向きが変位発生部ごとに異なったときなどである。また、各変位発生部を個別に作製し、これらをそれぞれ固定部43と可動部44とに接着などによって連結する際に、取り付け方向が両変位発生部で異なっている場合にも、Z軸方向の変位の向きは逆となり得る。以下、このように両変位発生部のZ軸方向の変位の向きが逆であるアクチュエータに対し上記駆動制御方法を適用する場合について、説明する。

この場合、変位発生部411に図29Aに示す電圧を印加し、かつ、変位発生部412に図29Bに示す電圧を印加すると、電磁変換素子1のZ軸方向の変位の変動幅は、各変位発生部に電圧を印加したときのZ軸方向の変位の最大値の和($Z_1 + Z_2$)となる。

また、変位発生部411に図30Aに示す電圧を印加し、かつ、変位発生部412に図30Bに示す電圧を印加した場合、各変位発生部のZ軸方向変位の変動は制御電圧によって発生しており、両変位発生部のZ軸方向変位は同相であるため、電磁変換素子1のZ軸方向変位の変動幅は、各変位発生部に個別に電圧を印加したときの変位の変動幅の和となる。

つまり、両変位発生部において同極性の電圧印加によるZ軸方向変位の向きが異なる場合には、各変位発生部へ駆動電圧を交互に印加したときの電磁変換素子1のZ軸方向変位の変動幅の最大値と、変位発生部に印加する駆動電圧の総和を一定に保ったときのZ軸方向変位の変動幅の最大値とが同一となる。したがって、どのような場合でも、Z軸方向変位の変動幅の最大値が、変位発生部に印加する駆動電圧の総和を一定に保つ上記駆動制御方法によって大きくなることはない。

駆動制御方法の実験例

圧電・電歪材料としてPZT（圧電定数 $d_{31} = -250 \times 10^{-12} \text{m/V}$ ）を用い、上述した厚膜法を利用して、図26に示す構造のアクチュエータを作製した。

圧電・電歪材料層は厚さ $20 \mu\text{m}$ とし、両側を電極層に挟まれた8層と、カバ一部となる上下の各1層との10層積層体（全厚 0.2mm ）とした。変位発生部

は、長さ1mm、厚さ0.2mmとし、断面が台形形状で、カバー部の幅は、狭いものが0.05mm、広いものが0.15mm、両変位発生部間ピッチは0.2mmとし、変位発生部には分極処理を施した。

このアクチュエータの一方の変位発生部に対し、分極の向きと同じ向きに20Vの電圧を印加したとき、変位発生部の収縮量は約0.2 μ mであり、その際の可動部のX軸方向の変位は約0.5 μ mであった。そして、両変位発生部に半波サイン波で0～20Vの電圧を交互に印加したところ、可動部のX軸方向の変位は±約0.5 μ mで、Z軸方向の変位の変動幅は約0.1 μ mであった。

一方、2つの変位発生部に、それぞれ振幅10Vで互いに逆相となるサイン波を10Vの直流バイアスに重畳した電圧を印加したところ、可動部のX軸方向の変位は±約0.5 μ mで、Z軸方向の変位の変動幅は0.01 μ m以下（測定限界以下）に抑制できた。

この結果から、アクチュエータを駆動する際に、各変位発生部に印加される電圧の総和をどの時刻においても一定とすることによる効果が明らかである。

請求の範囲

1. 電磁変換素子または光学モジュールが設けられたスライダとアクチュエータとサスペンションとを有し、スライダがアクチュエータを介してサスペンションに支持されており、

アクチュエータが固定部と可動部とこれらを連結する少なくとも2つの梁部とを有し、梁部の少なくとも1つに変位発生部が形成されており、変位発生部が逆圧電効果または電歪効果により固定部と可動部とを結ぶ方向に伸縮するものであり、固定部がサスペンションに可動部がスライダにそれぞれ固定されており、

変位発生部の伸縮に伴い、変位発生部が撓むと共に可動部が固定部に対し直線変位するか弧状変位するか回転変位すると共に、電磁変換素子または光学モジュールが記録媒体の記録トラックと交差するように直線状または弧状の軌跡を描いて変位するものであり、

固定部と可動部と梁部とが、圧電・電歪材料から構成される板状体に孔部および／または切り欠きを設けることにより一体的に形成されたものである記録／再生ヘッド。

2. アクチュエータがスライダの背面または側面に配置されている請求の範囲第1項記載の記録／再生ヘッド。

3. スライダの背面に設けた段差によって形成された空間にアクチュエータが配置されている請求の範囲第2項記載の記録／再生ヘッド。

4. スライダとアクチュエータとがサスペンションを挟んで対向して配置されている請求の範囲第1項～第3項のいずれかに記載の記録／再生ヘッド。

5. サスペンションの一部に、スライダを記録媒体表面に追従させるためのジンバル部が設けられており、このジンバル部にアクチュエータが連結されている請求の範囲第1項～第4項のいずれかに記載の記録／再生ヘッド。

6. アクチュエータの変位発生部に、両側に電極層が存在する圧電・電歪材料層が少なくとも2層存在する請求の範囲第1項～第5項のいずれかに記載の記録／再生ヘッド。

7. 電磁変換素子または光学モジュールの変位量が、アクチュエータの変位発生部の伸縮量よりも大きい請求の範囲第1項～第6項のいずれかに記載の記録／再生ヘッド。

8. 電磁変換素子または光学モジュールの変位量が、スライダとアクチュエータとの連結部の変位量よりも大きい請求の範囲第7項記載の記録／再生ヘッド。

9. スライダとアクチュエータとの連結部の変位量が、アクチュエータの変位発生部の伸縮量よりも大きい請求の範囲第7項または第8項記載の記録／再生ヘッド。

10. アクチュエータおよび／または電磁変換素子もしくは光学モジュールへの配線がサスペンションに形成されている請求の範囲第1項～第9項のいずれかに記載の記録／再生ヘッド。

11. 請求の範囲第1項～第10項のいずれかに記載の記録／再生ヘッドと、この記録／再生ヘッド全体を駆動する主アクチュエータとを有する記録／再生ヘッド位置決め機構。

12. 電磁変換素子または光学モジュールが設けられたスライダとアクチュエータとサスペンションとを有し、スライダがアクチュエータを介してサスペンションに支持されている記録／再生ヘッドの位置決めを行う機構であり、

アクチュエータが固定部と可動部とこれらを連結する少なくとも2つの梁部とを有し、梁部の少なくとも2つに変位発生部が形成されており、変位発生部が逆圧電効果または電歪効果により固定部と可動部とを結ぶ方向に伸縮するものであり、固定部がサスペンションに可動部がスライダにそれぞれ固定されており、

変位発生部の伸縮に伴い、変位発生部が撓むと共に可動部が固定部に対し直線変位するか弧状変位するか回転変位することにより、電磁変換素子または光学モジュールが記録媒体の記録トラックと交差するように直線状または弧状の軌跡を描いて変位するものであり、

記録トラックと交差する方向の位置決めを行う際に、各変位発生部に印加する駆動電圧の総和を、どの時刻においても一定となるように制御する記録／再生ヘッド位置決め機構。

13. 各変位発生部の伸縮の向きが、同極性の印加電圧に対して同一であり、各変位発生部へ印加される電圧が、直流バイアス電圧に制御電圧を加算したものであり、各変位発生部において加算する前記制御電圧の総和をどの時刻においてもゼロとなるように制御するものである請求の範囲第12項記載の記録／再生ヘッド位置決め機構。

14. 前記各変位発生部が、電圧印加により伸縮する変位部と、この変位部を挟む一対のカバー部とを有し、変位部とカバー部とが記録媒体表面に垂直な方向に積層されており、

カバー部が、変位部に密着して存在し、かつ変位部の伸縮に伴って変形するものである請求の範囲第12項または第13項記載の記録／再生ヘッド位置決め機構。

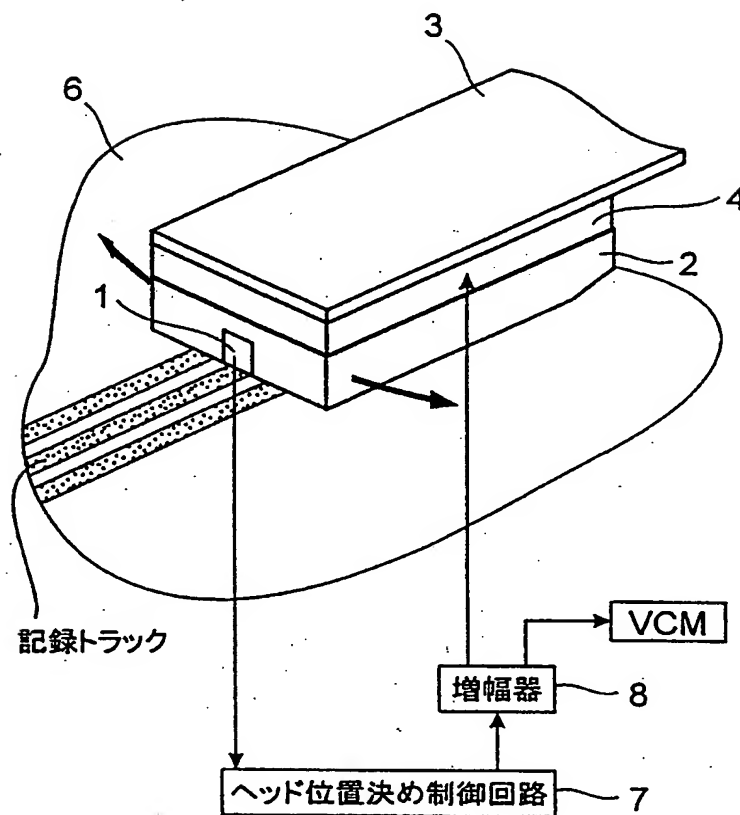
15. 前記記録／再生ヘッドが請求の範囲第1項～第10項のいずれかに記載の記録／再生ヘッドである請求の範囲第12項～第14項のいずれかに記載の記録／再生ヘッド位置決め機構。

16. 前記記録／再生ヘッド全体を駆動する主アクチュエータを有する請求の範囲第12項～第15項のいずれかに記載の記録／再生ヘッド位置決め機構。

17. 請求の範囲第1項～第10項のいずれかに記載の記録／再生ヘッドまたは請求の範囲第11項～第16項のいずれかに記載の記録／再生ヘッド位置決め機構を有する記録／再生装置。

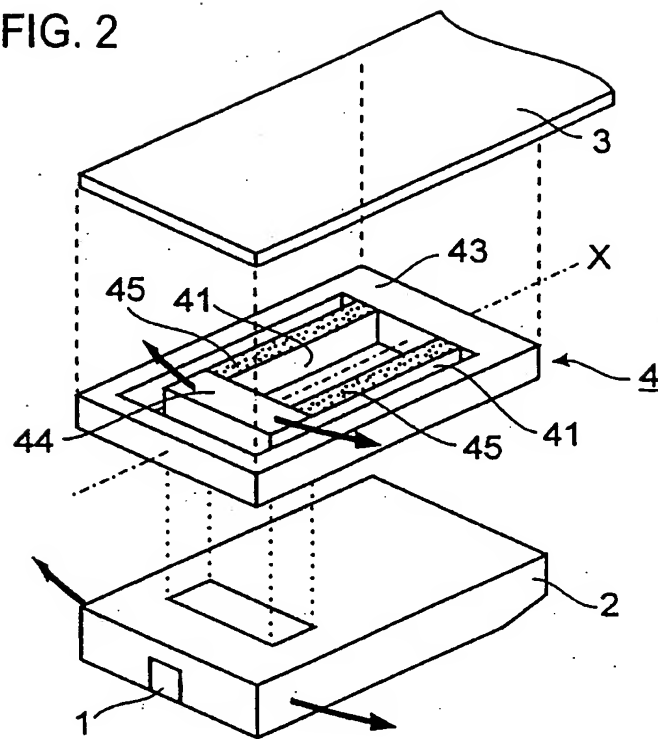
1/24

FIG. 1



2/24

FIG. 2



3/24

FIG. 3

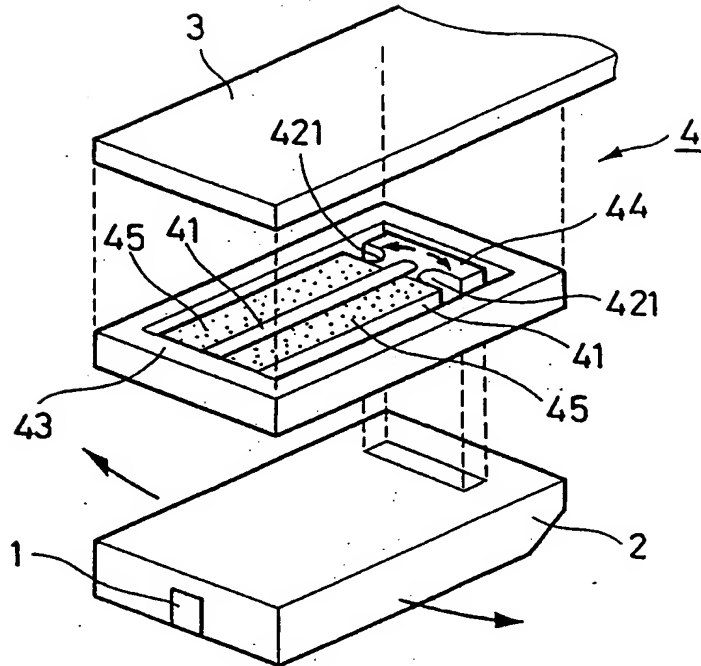
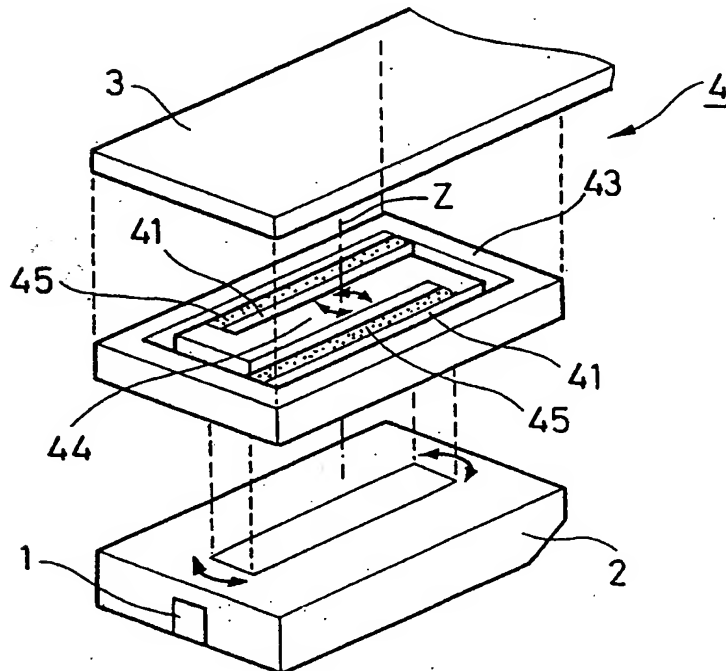
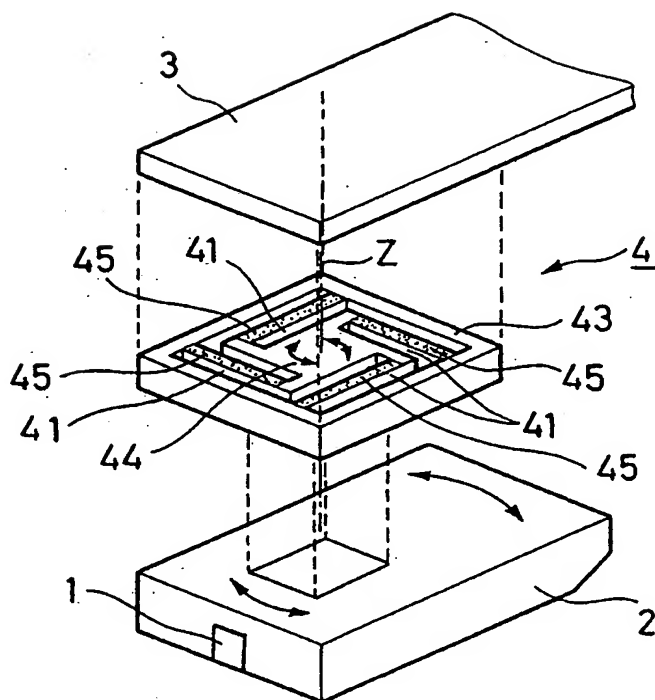


FIG. 4



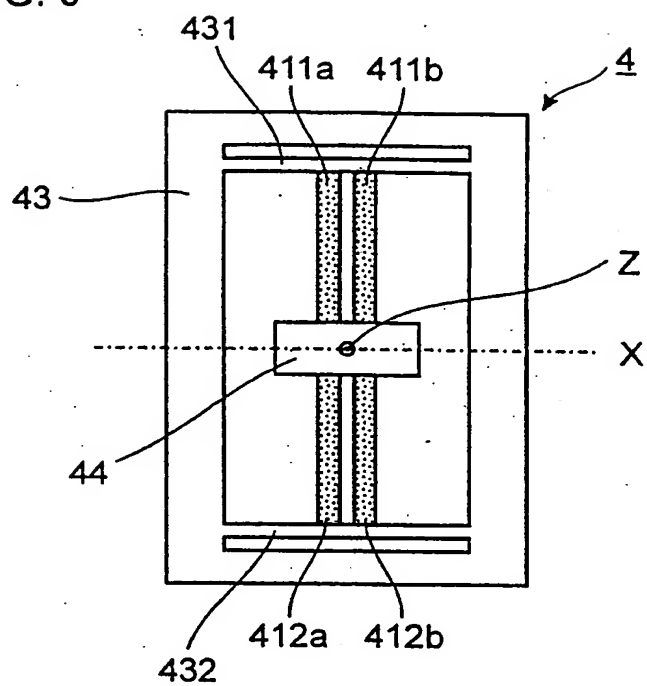
4/24

FIG. 5



5/24

FIG. 6



6/24

FIG. 7A

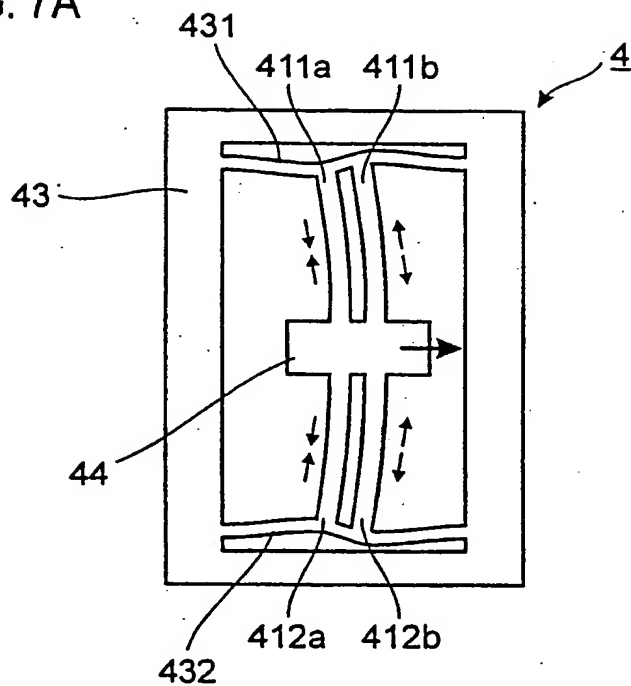
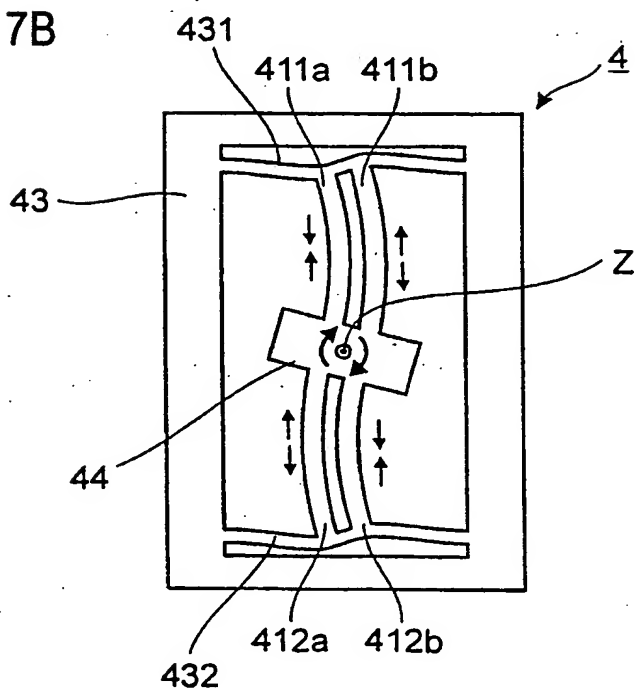


FIG. 7B



7/24

FIG. 8

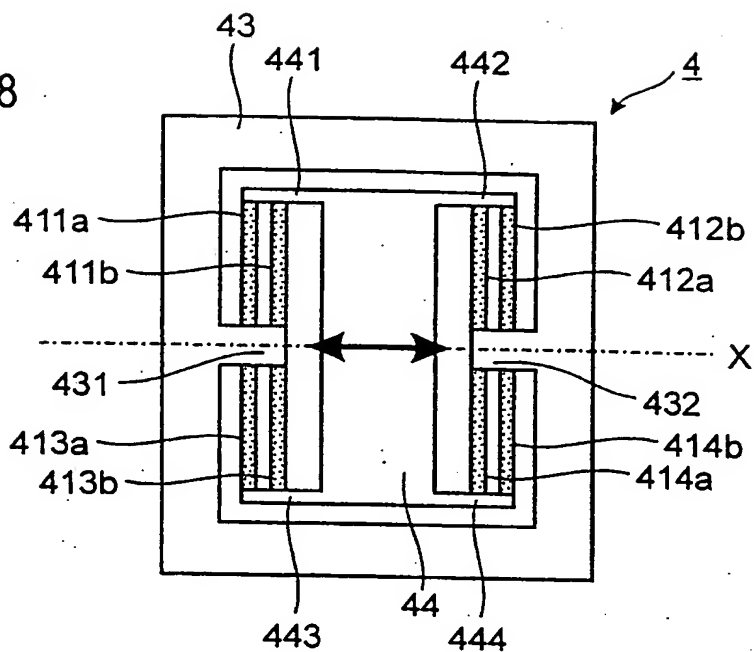
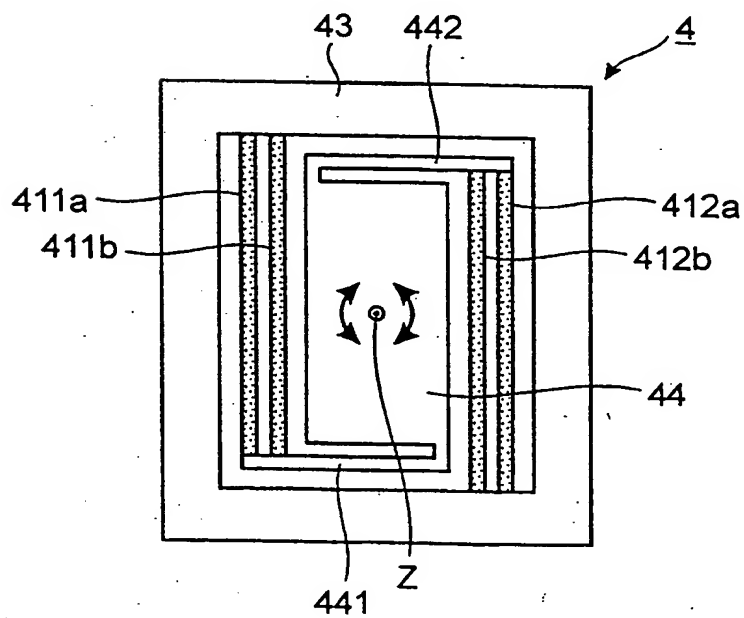
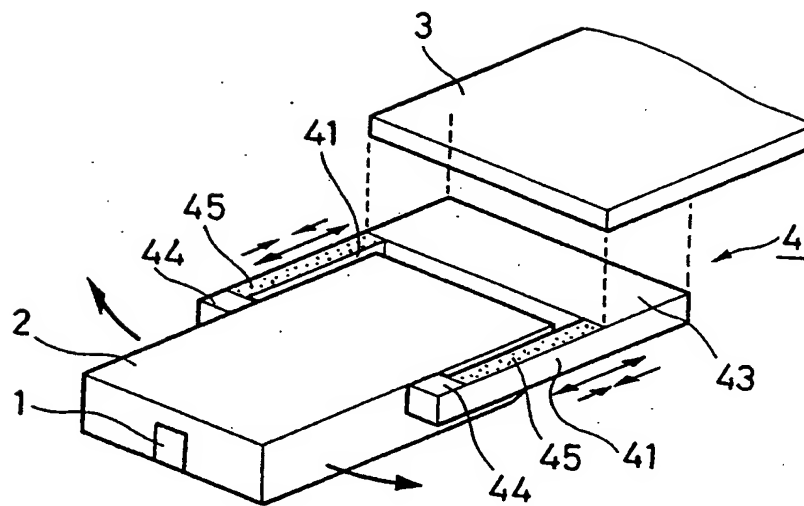


FIG. 9



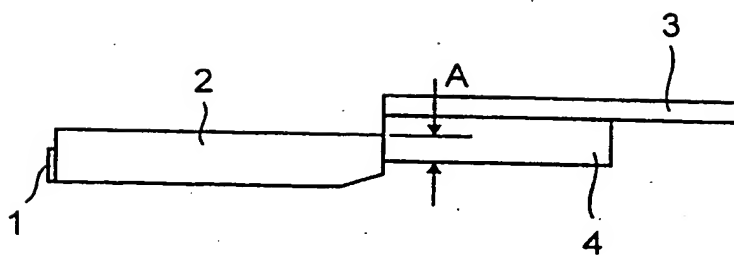
9/24

FIG. 12



10/24

FIG. 13



11/24

FIG. 14

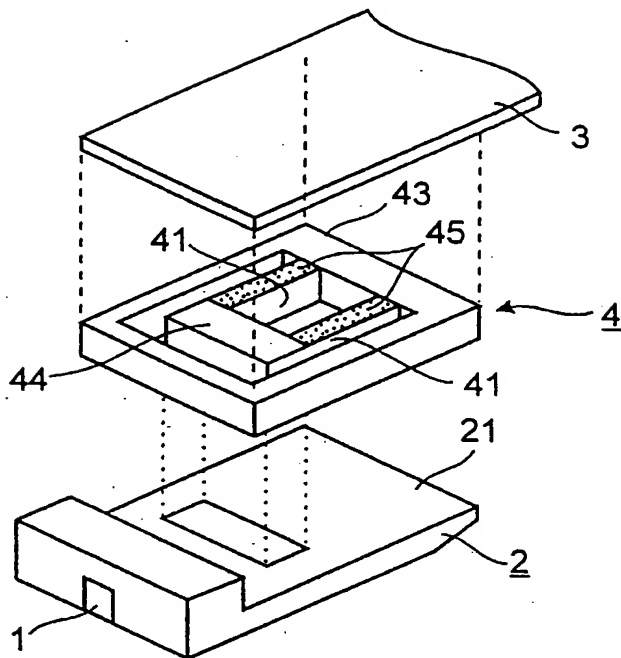
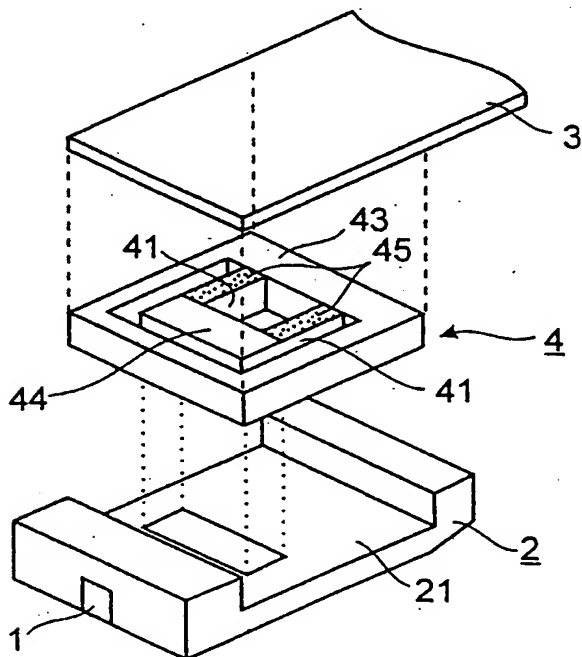


FIG. 15



12/24

FIG. 16

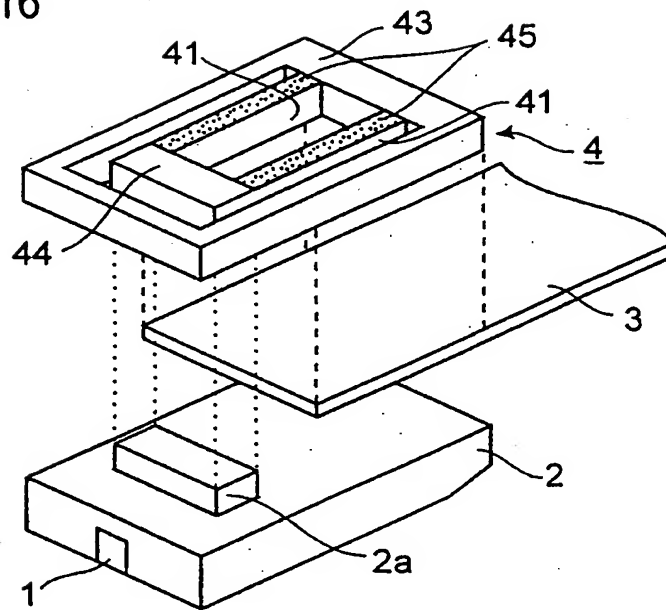
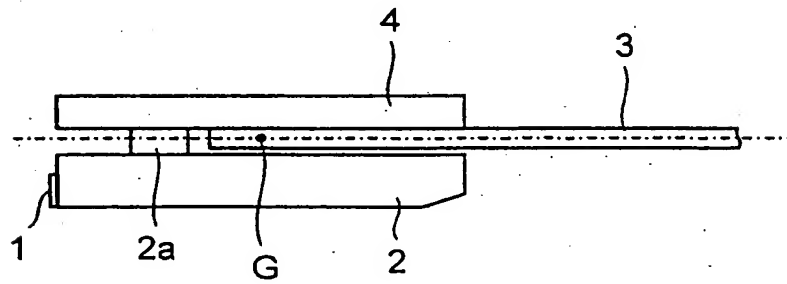


FIG. 17



13/24

FIG. 18A

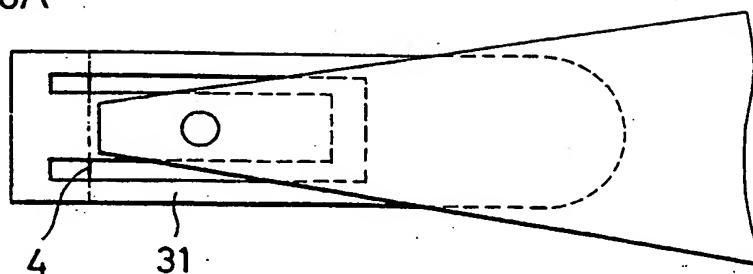


FIG. 18B

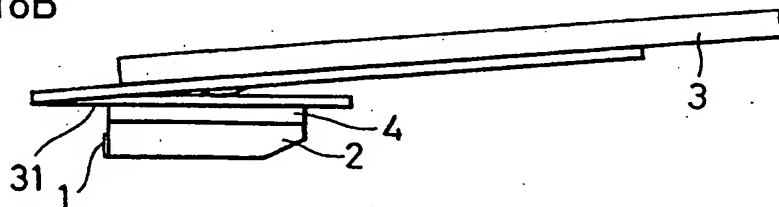


FIG. 19A

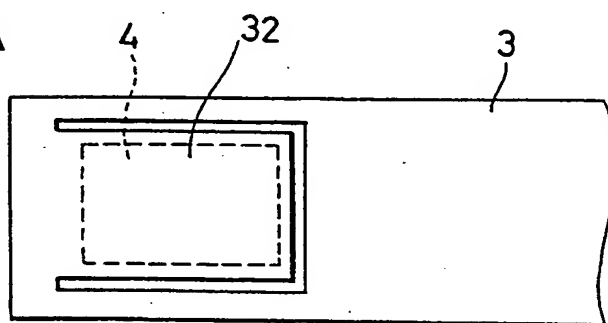
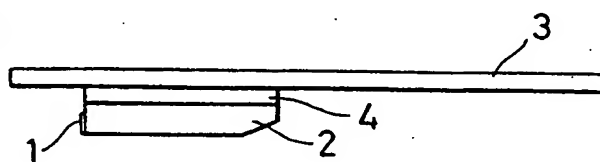


FIG. 19B



14/24

FIG. 20A

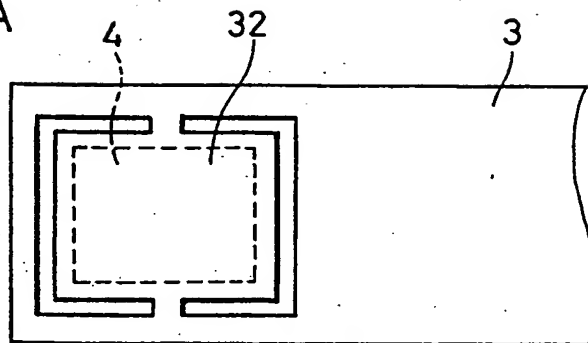
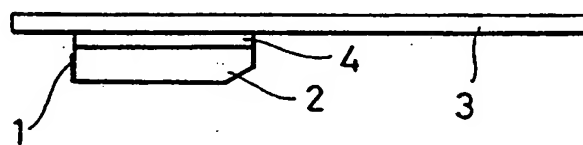
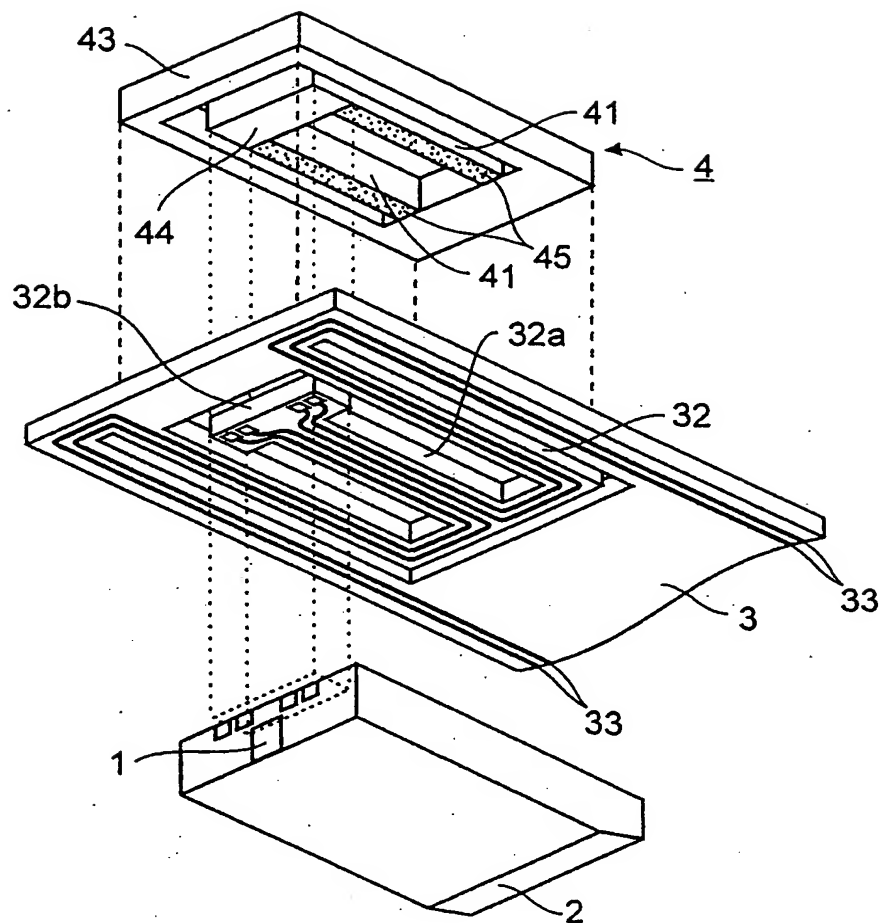


FIG. 20B



15/24

FIG. 21



16/24

FIG. 22A

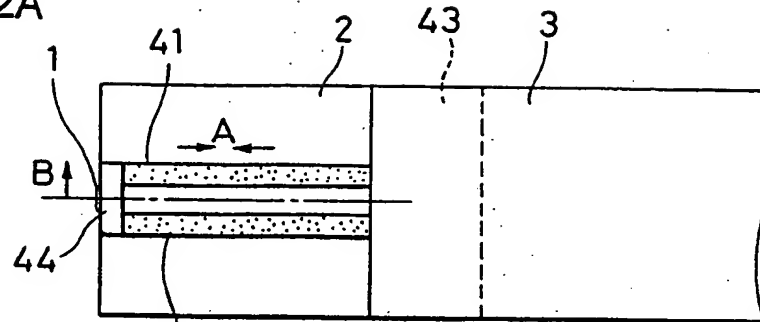


FIG. 22B

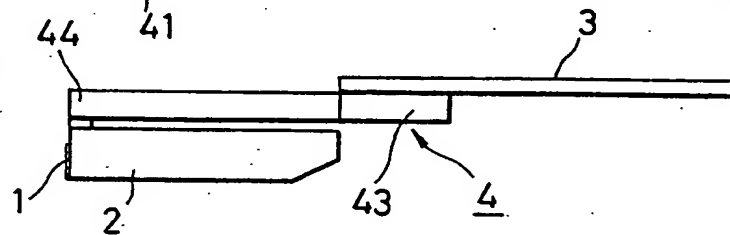


FIG. 23A

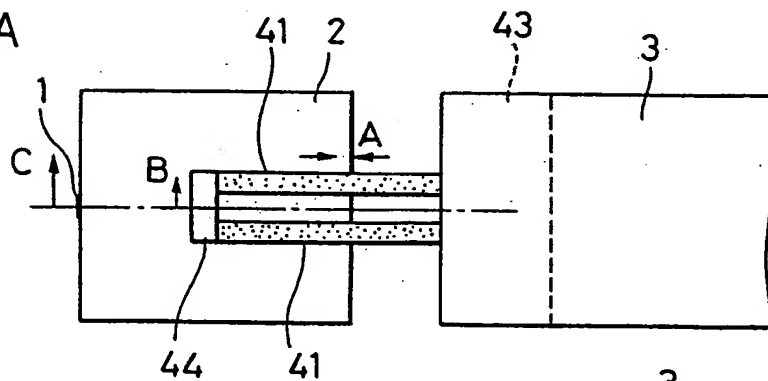
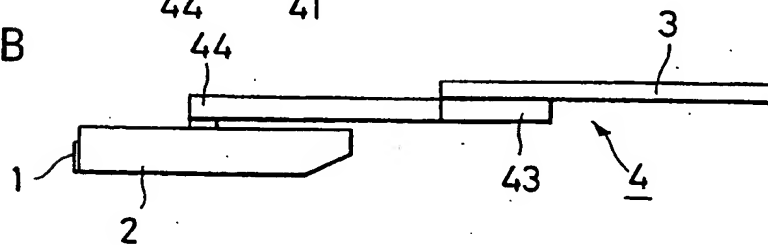


FIG. 23B



17/24

FIG. 24

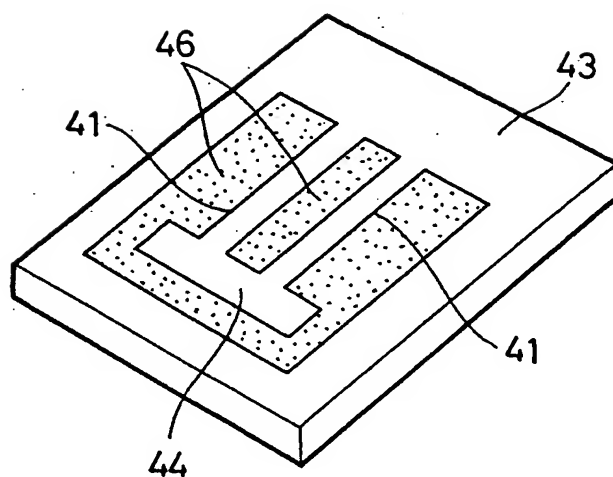


FIG. 25B

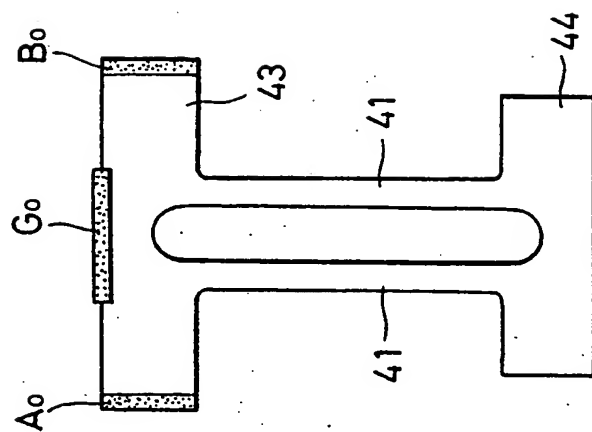
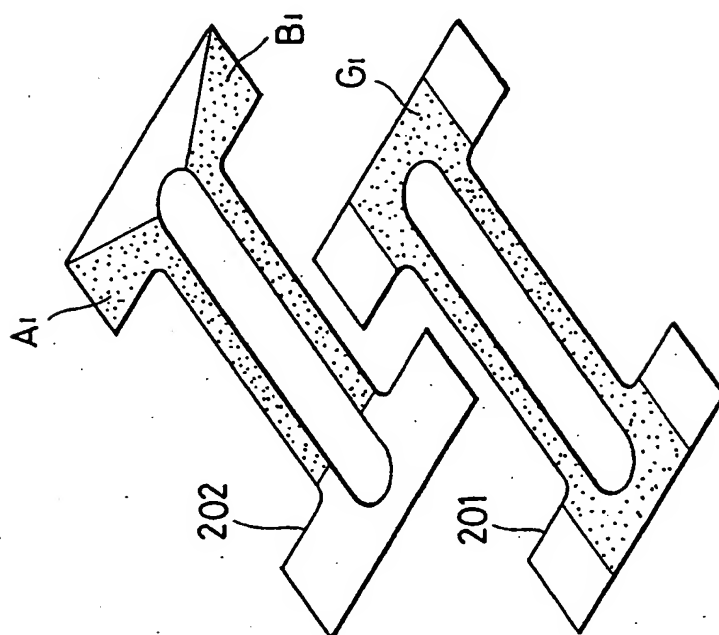
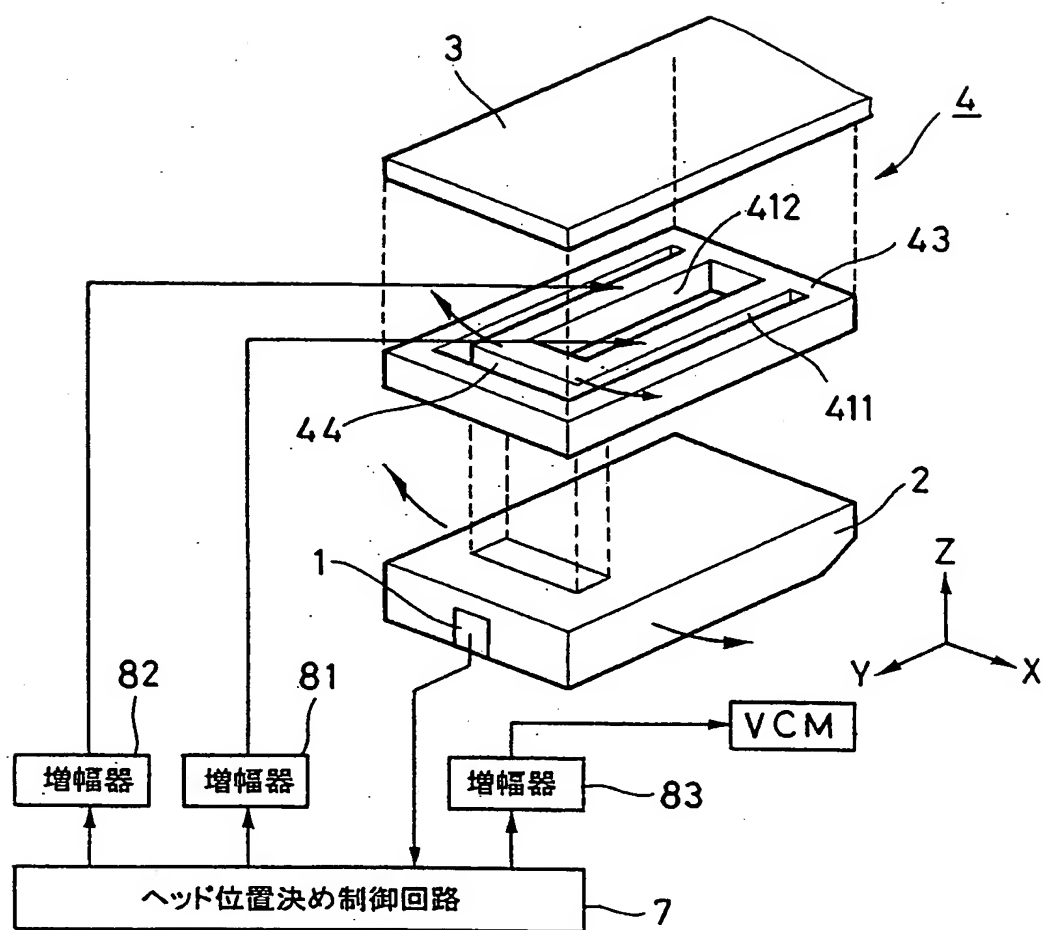


FIG. 25A



19/24

FIG. 26



20/24

FIG. 27

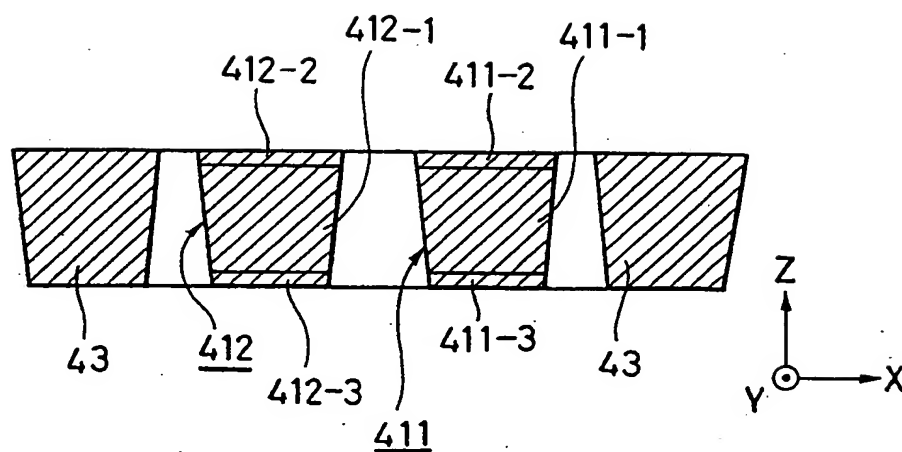
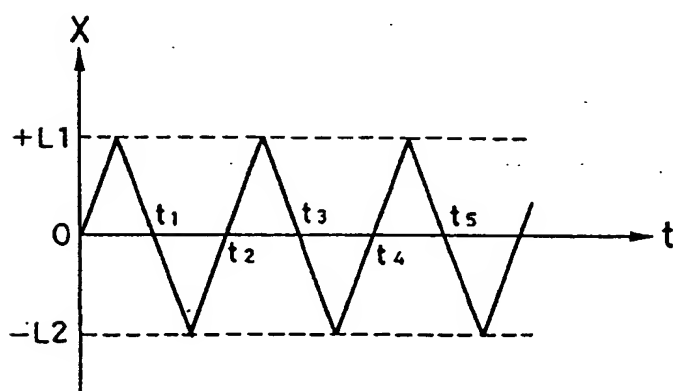


FIG. 28



21/24

FIG. 29A

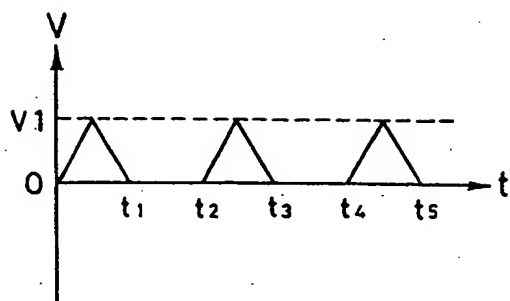


FIG. 29B

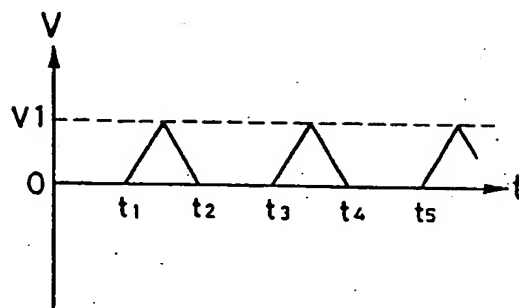


FIG. 29C

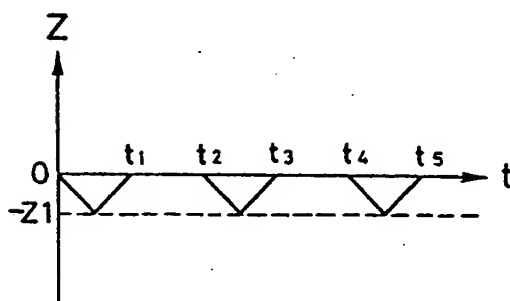


FIG. 29D

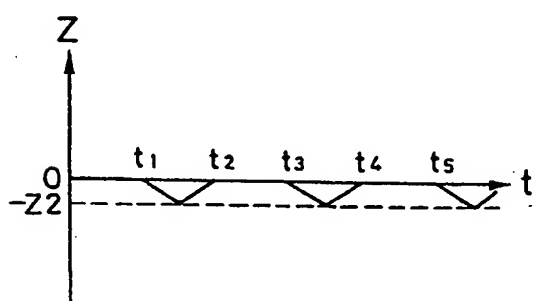
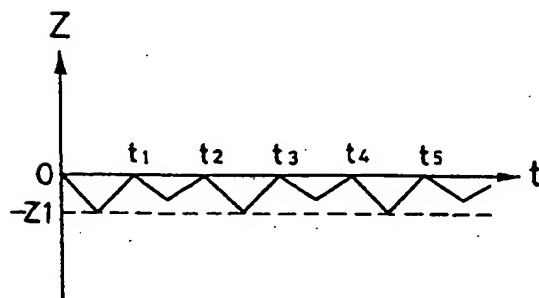


FIG. 29E



22/24

FIG. 30A

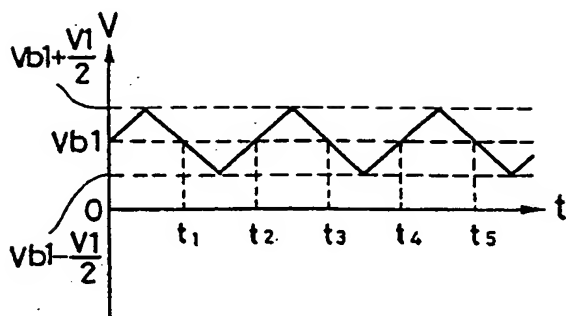


FIG. 30B

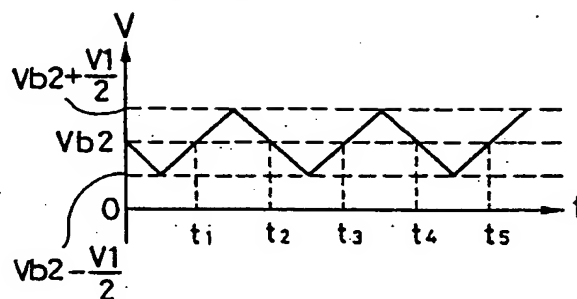


FIG. 30C

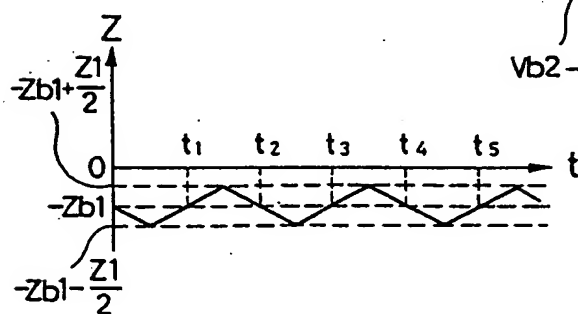


FIG. 30D

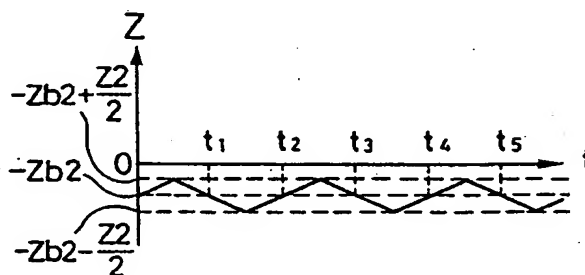
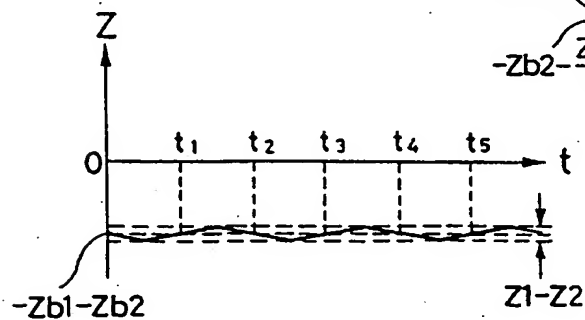
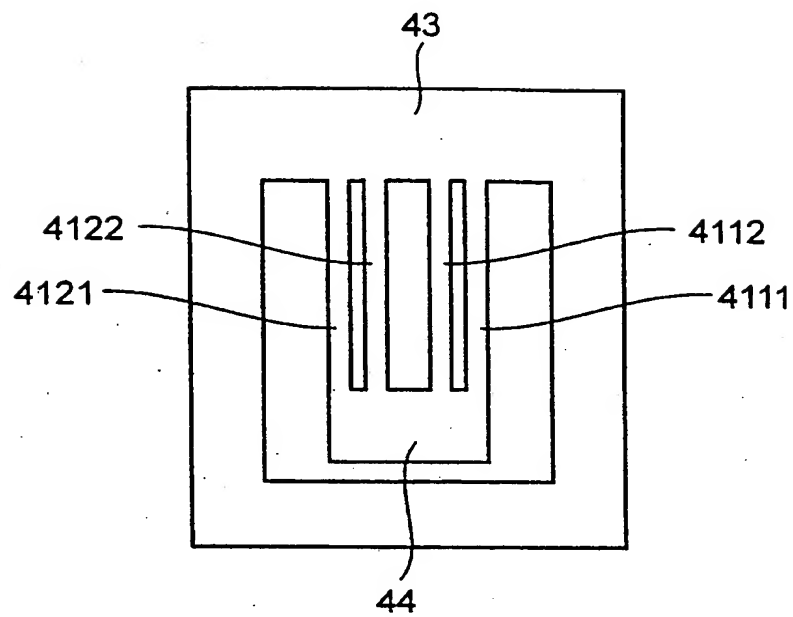


FIG. 30E



23/24

FIG. 31



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/03486

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. C1⁶ G11B21/10, 21/21

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. C1⁶ G11B21/10, 21/21, 7/09

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1940 - 1997
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1997
Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994 - 1997

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO, 93/02451, A1 (Fujitsu Ltd.), February 4, 1993 (04. 02. 93), Claim; Figs. 4 to 7, 9, 17	1, 7-11, 17
A	JP, 06-259905, A (Toshiba Corp.), September 16, 1994 (16. 09. 94), Claim; Figs. 1, 2 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7-11, 17
A	JP, 05-047124, A (Fujitsu Ltd.), February 26, 1993 (26. 02. 93), Claim; Fig. 1 (Family: none)	1
A	JP, 02-227886, A (Fujitsu Ltd.), September 11, 1990 (11. 09. 90), Claim; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

November 14, 1997 (14. 11. 97)

Date of mailing of the international search report

November 26, 1997 (26. 11. 97)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.